

DIPLOMADOLGOZAT

Angi Borbála Iringó
2022

Állatorvostudományi Egyetem
Élelmiszer-higiéniai Tanszék

Az élelmiszerek hőkezelésének hatása a B vitamin tartalomra

Effect of heat treatment of foods on the vitamin B content

Készítette: Angi Borbála Iringó

Témavezető: Dr. Lányi Katalin

ÁTE, Élelmiszer-higiéniai Tanszék, tudományos főmunkatárs

Budapest
2022

ABSZTRAKT

Dolgozatomban a B1, B3, B5, B6, B9 vitaminok fizikai, kémiai és az élő szervezetre gyakorolt hatásának ismerete után egy rövid áttekintéssel bemutatom ezen vitaminok magas hőmérsékleten történő hőkezelésének vizsgálatait. Majd ismertetem a saját vizsgálatom eredményeit arról, hogy az említett vitaminok hogyan viselkednek konyhai körülmények között mikrohullámú sütőben, forrásban lévő vízben és forró olajban az 1, 5, és 8 perces kezelések nyomán. Nyersanyagként almát, narancsot és sárgarépat használtam, melyeket egy megelőző, kérdőíves kutatás eredményeiből merítettem. A dolgozatom végén a kapott eredményeket összevetve megválaszolom, hogy az általam végzett kísérletek alapján a vizsgált alma, narancs és sárgarépa megfelelő mennyiségben tartalmazzák-e az egészséges szervezet fenntartásához szükséges vitaminmennyiséget; illetve melyek azok a hőkezelési eljárások, amelyek a leginkább károsítják az adott vitamin mennyiségét?

In my thesis, after the overview of the physical chemistry of B1, B3, B5, B6, B9 vitamins and their effects on the human body, I present a literature study on the high temperature heat treatment of these vitamins. Then within the framework of my own research, I examine how these vitamins behave under kitchen conditions in microwave oven, boiling water and hot oil during the time intervals of 1, 5 and 8 minutes. The samples for my vitamin studies were apples, oranges and carrots, which I drew from the results of a questionnaire on vegetable and fruit consumption, use and storage. At the end of my thesis, I compare the results obtained and answer whether, based on my experiments, the apples, oranges and carrots I have studied contain the right amount of vitamins to maintain a healthy body; and which heat treatment processes are most damaging to the amount of vitamins?

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS.....	5
2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS	7
2.1. Tiamin, B1 vitamin	7
2.1.1 Fizikai, kémiai tulajdonságok.....	7
2.1.2 Anyagforgalom.....	7
2.1.3 Hiánytünetek	7
2.2. Nikotinsav, B3 vitamin	8
2.2.1 Fizikai, kémiai tulajdonságok.....	8
2.2.2 Anyagforgalom.....	8
2.2.3 Hiánybetegségek	9
2.3. Pantoténsav, B5 vitamin	9
2.3.1 Fizikai, kémiai tulajdonságok.....	9
2.3.2 Anyagforgalom.....	9
2.3.3 Hiánybetegségek	10
2.4. Piridoxin, B6 vitamin.....	10
2.4.1 Fizikai, kémiai tulajdonságok.....	10
2.4.2 Anyagforgalom.....	10
2.4.3 Hiánytünetek	11
2.5. Folsav, B9 vitamin	11
2.5.1 Fizikai, kémiai tulajdonságok.....	11
2.5.2 Anyagforgalom.....	11
2.5.3 Hiánytünetek	12
2.6. B vitaminok hőérzékenysége	12
3. CÉLKITŰZÉSEK.....	15
4. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	16
4.1. Kérdőíves kutatás.....	16
4.2. Laboratóriumi vizsgálatok	16
4.2.1 Mintagyűjtés, hőkezelési eljárások.....	16
4.2.2 Mintaelőkészítés	18
4.2.3 Műszeres mérések	19
4.2.4 Adatfeldolgozás.....	20
5. EREDMÉNYEK	21
5.1. A kérdőív eredményei.....	21
5.1.1 Fogyasztási szokások	21
5.2. Laboratóriumi vizsgálatok eredményei.....	27
5.2.1 Almával végzett hőkezelési eljárások	27
5.2.2 Narancssal végzett hőkezelési eljárások	31

5.2.3	Sárgarépával végzett hőkezelési eljárások	36
6.	KÖVETKEZTETÉSEK.....	40
7.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	43
8.	MELLÉKLETEK.....	44
9.	IRODALOMJEGYZÉK.....	47
10.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	49

1. BEVEZETÉS

A vitaminok az élő szervezet működésének elengedhetetlen kiegészítő elemei. Részt vesznek a számtalan anyagcserefolyamatban, enzimek kialakításában, aminosavak és örökítőanyagok felépítésében, a hormonrendszer megfelelő működésében és még számtalan folyamatban melyek a szervezet egészséges működéséhez szükségesek. A felvételük kis mennyiségben szükséges ugyan, de vitaminszegény étrend esetén különböző hiánybetegségek alakulhat ki. Megkülönböztetünk zsírban és vízben oldódó vitaminokat, melyek e tulajdonságukból adódóan különböznek mind a felszívódásuk mind pedig a szervezetben betöltött szerepük szerint. A kutatómunkáimként választott B vitaminok mindegyike vízben oldódó, a szervezet nem képes a hosszútávú raktározásukra ezért napi bevitel szükséges belőlük. Az ajánlott napi tápanyagbevitelről, másnéven az RDA-ról (Recommended Dietary allowance) az Office of Disease Prevention and Health Promotion készített átfogó kutatást, melynek egy részét alapul véve készítettem el az alábbi táblázatot (1. táblázat). A táblázatban jól megfigyelhető, hogy ezen vitaminok (kivéve a folsav) bevitelének mennyisége csekély egy C vitamin napi beviteléhez képest, mely 75-95 mg. [1]

1. táblázat: Ajánlott napi B vitamin szükséglet[1][2]

µg/nap	Férfi (19-50 éves)	Nő (19-50 éves)
Tiamin (B1)	12000	11000
Nikotinsav (B3)	160000	140000
Pantoténsav (B5)	50000	50000
Piridoxin (B6)	13000	13000
Folsav (B9)	4000000	4000000

Az ipari országokban a specifikus hiánybetegségek minimálisra csökkentek, hiszen az orvostudomány fejlődése lehetővé tette az élő szervezet működésének átfogó megértését, valamint az egészséges életmód fenntartásához szükséges étrend és az ezt képező vitaminok feltérképezését. A kutatásomban választott alma, narancs és sárgarépa a legtöbb háztartásban a mindennapi étkezés részét képezik. Ezért fontosnak tartottam ezen zöldségek, gyümölcsök szakirodalomban található B vitamin mennyiségét összevetni a kísérletek során mért kontroll minták B vitamin tartalmával. (2. táblázat)

2. táblázat: Általunk vizsgált gyümölcsök, zöldségek átlagos B vitamin mennyisége [3] [4]

$\mu\text{g}/\text{kg}$	Alma	Narancs	Sárgarépa
Tiamin (B1)	90	680	650
Nikotinsav (B3)	900	4250	14100
Pantoténsav (B5)	600	2600	2700
Piridoxin (B6)	210-400	800	1460
Folsav (B9)	60	25	37

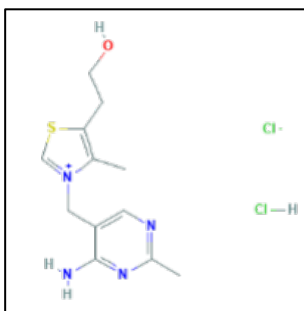
A következő részben szeretném részletesebben bemutatni az általam vizsgált vitaminok tulajdonságát, szervezetben betöltött szerepét és az esetleges hiányukból adódó specifikus vagy aspecifikus betegségeket. A vizsgált vitaminok néhány fontos paramétere az 1. mellékletben található.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. Tiamin, B1 vitamin

A tiamin részt vesz a szervezetbe bekerülő szénhidrátok, fehérjék, zsírok hasznosítható energiává történő alakításában. Segíti a glükóz, zsírsavak és aminosavak metabolizmusához szükséges enzimek működését. [2]

2.1.1 Fizikai, kémiai tulajdonságok



1. ábra: B1 vitamin szerkezete [3]

A tiamin egy vízben és alkoholban jól oldódó, szilárd halmazállapotú anyag. Lúgos közegben tiokrómmá oxidálódik, mely kéken fluoreszkál UV-fényben. Szerkezetét tekintve egy 4-amino-2metil-pirimidinből és egy 4-metil-5oxietil-tiazolból épül fel, melyeket metilénhíd kapcsol össze. (1. ábra) [4]

2.1.2 Anyagforgalom

Növényekben is és állati eredetű táplálékban is megtalálható, például hántolatlan rizs, máj, szív. A bevitt tiamin szabad formában szívódik fel a vékonybélből. Ehhez az aktív származéka a tiamin-pirofoszfátból foszfatázok segítségével lehasadó pirofoszfát reakciónak kell létrejönnie. Majd aktív formává a bél hámsejtjeiben és a májban alakul át. Nem raktározódik el a szervezetben, viszont magas koncentrációt ér el a májban, szívben, idegszövetben, vesében. A vitaminfelesleg nagy százaléka vizelettel, kisebb százaléka epével ürül, ahol a bélben található baktériumok tiamináz enzim segítségével hasítják alkotórészeikre. [5]

2.1.3 Hiánytünetek

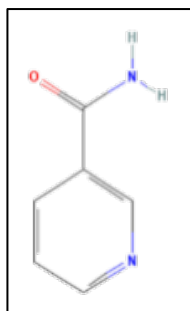
Legismertebb hiánybetegsége a berberi, mely kezdetben étvágytalansággal és hányingerrel indul, majd néhány napon belül idegrendszeri tünetek is jelentkezhetnek például polyneuritis,

opistotonus, valamint a rövidtávú memória zavarát okozza. Létezik nedves és száraz formája is, attól függően, hogy kialakul-e test szerte ödéma. Állatokban szintén kialakulhat hiánybetegség, például prémesállatokban, húsevőkben a Chastek-paralízis, amit a túlzott nyershal etetés okoz, mivel a nyershal nagy mennyiségben tartalmaz tiamináz enzimet. Kérődzőkben takarmányváltozás esetén megváltozik a bendő pH, ami fokozza a bakteriális tiamináz képződést. Lovakban zsúrlós széna vagy páfrány etetése okozhat bénulásos megbetegedést. [5]

2.2. Nikotinsav, B3 vitamin

A nikotinsav NAD^+ és NADP^+ formájában épül be a szervezetbe, ahol elengedhetetlen szerepet tölt be a sejtek anyagcsere-folyamataiban, részt vesz a DNS szintézisben, valamint a sejtülélést fokozó mechanizmusokban. [6]

2.2.1 Fizikai, kémiai tulajdonságok



2. ábra: B3 vitamin szerkezete [7]

Tűszerű kristályokat alkotó, meleg vízben könnyen oldódó szilárd anyag. Koenzimszármazékai fontos redox-rendszert képeznek. Vitaminként a nikotinsav és amid formája a nikotinsavamid viselkedik, melyeknek szerkezetét piridin-3-karbonsav(-amid) építi fel. (2. ábra) [5]

2.2.2 Anyagforgalom

B3-vitamint nagy mennyiségben tartalmazza a búzacsíra, hüvelyes magvak, élesztő, azonban a tojás és a tejtermékek keveset tartalmaznak. A gyomorba kerülő nikotinsav emésztőenzimek hatására szabadul fel, majd a vékonybélben szívódik fel és jut el minden élő sejthez, ahol NAD^+ és NADP^+ épül fel belőle. Ezeknek a redukált formái elengedhetetlen szerepet töltenek be a glikolízis, zsírsavszintézis, citrátkör és egyéb redoxi folyamatok megfelelő működésében. A

szervezet nagy mennyiségben raktározza a NAD^+ -t és NADP^+ -t a májban és vesében. Vizelettel nikotinsav vagy nikotinsavamid formájában ürül. [5]

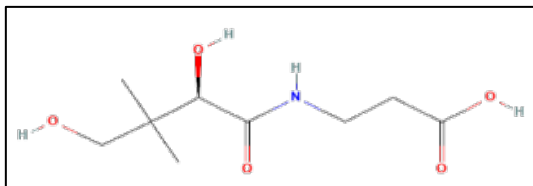
2.2.3 Hiánybetegségek

Legjellegzetesebb hiánybetegsége a pellegra nevezetű fekete nyelv betegség, mely előfordul a kutyaokban is. Hiánya emésztőszervi panaszokat okozhat, bőrgyulladást, elbutulást. A kukorica monodiéta során fokozottan alakulhat ki, mivel alacsony a nikotinamidot tartalmazó koenzim koncentrációja. [5]

2.3. Pantoténsav, B5 vitamin

A pantoténsav legfontosabb szervezetben betöltött szerepe a koenzim-A képzésében való részvétel, mely elengedhetetlen az aminosav anyagcseréhez és lebontáshoz, továbbá a szteroidok szintézisében és a hemoglobin porfirin vázának felépítésében is közreműködik. [8]

2.3.1 Fizikai, kémiai tulajdonságok



3. ábra: B5 vitamin szerkezete [9]

A pantoténsav egy halványsárga viszkózus folyadék, mely vízben jól oldódik és savas vagy lúgos környezetben hidrolizál. Két rövid szénlánc alkotja: a 2,4-diOH-3,3-dimetil-vajsav és a 3-amino-propionsav. (3. ábra)[5]

2.3.2 Anyagforgalom

Növényi és állati eredetű táplálékban is megfelelő mennyiségben fordul elő, valamint a bélbaktériumok is nagy számban szintetizálják. Koenzim-A-ként kerül a szervezetbe, majd az emésztőcsőben hidrolízissel szabadul fel kötött formájából. Passzív transzporttal jut el a májhoz és a szövetekhez. Jól raktározódik a májban, vesében, szívizomban, akár 2-3 hétig is fedezheti a vitaminszükségletet. Vitamin formája vizelettel ürül, Koenzim formája viszont epével. A pantoténsav aktív formája a HS-koenzim-A, amit minden élő sejt képes szintetizálni, hogy a

sejten belüli folyamatok, mint a citrátkör, zsírsavszintézis és ketolízis zavartalanul működhesen. [5]

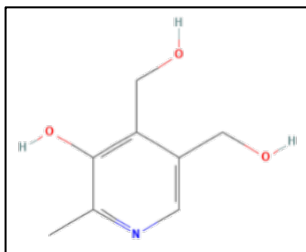
2.3.3 Hiánybetegségek

Nagyon ritkán fordul elő vitaminhiányos állapot, ilyenkor aspecifikus tünetek jelentkezhetnek, mint a növekedésben való visszamaradás, állapotokban szőr-, tollfejlődési zavar. Baromfiban figyeltek meg csőr, láb és szemkörnyékén kialakuló pörkös felrakódást, pellegrához hasonló tünetekkel jár, patkányoknál a szőrzet fakulását okozhatja pantoténsav hiány. [5]

2.4. Piridoxin, B6 vitamin

A piridoxin az élő szervezetek egyik legfontosabb koenzime, mivel számtalan anyagcsere-folyamatban vesz részt. Közreműködik a piroszőlősav és oxálecetsav képződésében, részt vesz a triptofán és az esszenciális aminosavak lebontásában, valamint a neuronokat védő és idegrendszert nyugtató és gyulladásgátló hatása is elismert. [8]

2.4.1 Fizikai, kémiai tulajdonságok



4. ábra: B6 vitamin szerkezete [10]

Vízben, alkoholban jól oldódó fehér lemezkék alkotják, melyek savaknak, lúgoknak ellenállnak, de fény hatására bomlanak. A molekula egy szubsztituált piridin-gyűrűből épül fel, és a 4. szénatomhoz különböző oldalláncok kapcsolódhatnak, így kialakítva a piridoxalt, a piridoxamint, piridoxinsavat és a piridoxint. (4. ábra) A piridoxinsav egy inaktív lebomlási termék, mely a vizelettel ürül, de a másik három származék képes egymásba átalakulni és azonos biológiai értékűek. [5]

2.4.2 Anyagforgalom

Piridoxint leginkább a gabonamagvak és a hüvelyes takarmányok tartalmazzák. Jelentős mennyiségű piridoxamint, piridoxalt és piridoxal-foszfátot tartalmazzák az állati eredetű

termékek, mint például, hús, máj és az élesztő is. A tejben és a tojásban kisebb koncentrációban vannak jelen. A piridoxál és piridoxin a vékonybél falán passzív transzporttal jut a keringésbe. Nem raktározódik, de sok piridoxal-foszfát koenzim található a májban és az izomban. A piridoxin az aminosav-anyagcsere elengedhetetlen eleme, de rész vesz még a hem-szintézisben és a nikotinsav-szintézisben is. [5]

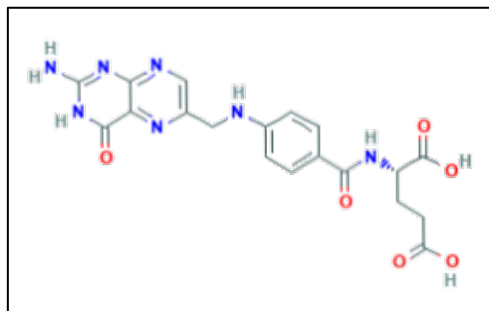
2.4.3 Hiánytünetek

Ritkán fordul elő, mivel a bendő és a bélflóra baktériumai képesek a vitamin szintézisére, valamint minden állati és növényi sejt tartalmazza. Amennyiben mégis kialakul dermatitist, vérszegénységet és növekedési zavart okozhat.[5]

2.5. Folsav, B9 vitamin

A folsav szervezetre gyakorolt hatása rendkívül jelentős szerepű. Részt vesz az adenin, guanin, metionin, xantin és húgysav szintézisében, valamint a különböző pirimidintartalmú nukleinsavak és nukleotidok képződésében. [8]

2.5.1 Fizikai, kémiai tulajdonságok



5. ábra: B9 vitamin szerkezete [11]

A folsav szerkezete egy pteridin-váz és egy para-aminobenzoésav kapcsolódásával jön létre, ahol a karboxil-csoporthoz egy L-glutaminsav is kapcsolódik. (5. ábra) Halványsárga színű kristályokból álló, vízben kevésbé, de híg sóoldatokban kitűnően oldódó szilárd halmazállapotú anyag. Napfény hatására azonnal bomlik, ezért fénytől védett helyen szabad csak tárolni. [5]

2.5.2 Anyagforgalom

Minden növényi eredetű termékben megtalálható, szintetizálja a bendő és a bélflóra is. Állatok májában és veséjében is tetrahydrofolsav és származékai formájában található meg.

Passzív transzporttal szívódik fel a vékonybélből, a glükóz jelenléte segíti a pH emelkedése viszont lassítja a felszívódását. Aktív formája a 5,6,7,8-tetrahidrofolsav (FH₄), ebben a formában kerül a véráramba. Gyengén tud csak raktározódni (májban, vesében), oxidált formája választódik ki a vizelettel. Fontos szerepet tölt be a dTMP-, a purin-, kolin-, szintézisben, valamint részt vesz a szerotonin és dopamin szintézisében is. [5]

2.5.3 Hiánytünetek

Relatív hiánya ritkán fordul elő. Kompetitív antagonistá jelenlétben, melyek az aminopterin és az ametopterin fordulhat elő hipovitaminózis, ilyenkor makrociter, hiperkróm anaemia jelentkezik. További tünet lehet a növekedés elmaradás, melyet a nukleinsav-anyagcsere zavara miatt kialakuló lassuló sejtosztódás és fehérjeszintézis okoz. [5]

2.6. B vitaminok hőérzékenysége

Vízben oldódó vitaminok mennyiségét sokan vizsgálták különböző hőkezelési eljárásokat követően. Ebből a gazdag irodalmi háttérből szeretném a legfontosabbakat említeni, amik segítséget nyújtottak a kutatásom során használt eljárások megválasztásban és az eredmények értékelésében. Ilyen kísérlet volt a hevítés, hűtés, mikrohullámú és gamma sugárzást követően végzett mennyiségi vizsgálat a borbolyagyümölcs fajtákban (*Berberis integerrima*, *B. vulgaris*). A borbolyagyümölcsöt hazánkban nem használják rendszeresen, viszont a hőkezelési eljárások fontos eredményekkel rendelkeztek.

A hőmérséklet az összes vízben oldódó vitamin extrakciós hozamát befolyásolta, kivéve a B6 vitaminét. A B1 és B9 vitaminok nem mutattak hőstabilitást, azonban a B5 és B6 vitaminok hőellenállása jó volt. A B5 vitamin jelentős csökkenést mutatott 80 és 95°C-fokon való hevítést követően. A B6 vitamin melegítésre stabil maradt. A hőkezelés eredményeképp a B6 vitamintartalom 10-35%-kal csökkent. A B1 vitamin csökkenésének fő oka a hőkezelés során való vízben való kioldódás volt, de a kémiai bomlás is befolyásolta az eredményt. A B vitaminok közül ez a vitamin volt a legérzékenyebb a mikrohullámú kezelésre. A kutatók által vizsgált borbolyafajok tiamintartalma csökkent minden feldolgozási formában, azonban *B. integerrima* fagyasztása után közel 2%-os növekedést tapasztaltak. A B9 vitamin érzékeny a savas közegre, fényre levegőre. A hagyományos főzés akár 50%-kal is csökkentheti a B9 vitamin mennyiségét, ezért a mikrohullámú sütőben történő hőkezelést előnyben részesítették a folsav megóvása érdekében. [12]

Egy spenóttal és zöldborsóval végzett kutatás során kiderült, hogy a B1 vitamin melegítés során hozzájárulhat a „főtt” íz kialakulásához. Ugyanakkor fény és nedvesség hiányában rendkívül stabilak származékai. Mindazonáltal mind a tiamin-hidroklorid, mind a mononitrát viszonylag stabil a légköri oxigénnel szemben fény és nedvesség hiányában, és mindkettőt általában nagyon stabilnak tekintik, ha könnyű és nedvességálló csomagolású, száraz termékekben használják. [13]

Egy 2011-es Spanyolországban végzett kísérlet, mely a vízben oldódó vitaminok gyümölcslemben és soványtejben való antioxidáns hatását vizsgálta nagy intenzitású elektromos mezők (HIPEF = High-Intensity Pulsed Electric Fields) illetve hűtés során, arra az eredményre jutottak, hogy a B vitaminok (pantoténsav, biotin, folsav, riboflavin) koncentrációja nem változik az idő előrehaladtával és az általuk használt HIPEF sem befolyásolta a kezdeti koncentrációt. Nem sikerült igazolniuk a B vitaminok oxidatív bomlását az eltarthatóság során. A kísérletük során 56 napig tartották 4 °C-on a vizsgált folyadékokat (narancslé és HIPEF által kezelt tej ital) és ez alatt az idő alatt a B vitaminok koncentrációja változatlan maradt. Ellenben a hőkezeléssel járó kísérleteknél (95 °C-on, 45 másodperc), ahol eredményként kapták, hogy a nikotinsav hőstabilabb a nála jóval termolabilisebb tiaminnal szemben. [14]

A vitaminveszteség egyenes arányban nő a hosszabb főzési idő vagy magasabb melegítési hőmérséklet esetén. Befolyásoló tényező a pártartalom és a kezelt termék pH-ja is, de ezek lényegesen kisebb hatással vannak a vitaminok oxidációjára. [15]

A B3 és B6 vitaminok jelentős százaléka elvész főzés közben. Egyes szakirodalmi cikkek szerint ez a B3 vitaminra nézve akár 6,9-55% között mozoghat, míg a B6 vitamin esetében ez akár 19,8- 77% is lehet. [16]

A B vitaminok rendkívül vízoldékony vegyületek, ez a tulajdonságuk teszi hajlamossá őket a feldolgozás során történő kimosódásra. A tiamin az összes B vitamin közül a legkevésbé hőstabil.[17]

A biotint és pantoténsavat rengeteg táplálékunk tartalmazza, ezért az élelmiszereink feldolgozása során bekövetkező változások nem jelentenek vitaminveszteséget fogyasztóinkra. [13]

A folsav lebomlását lassítja a vizes közeg, mely a konzerv zöldségek, gyümölcsök töltőközegeként szolgál. Ezt a megállapítást Thudnatkorn Jiratanan és Rui Hai Liu állította, akik a cékla és zöldbab antioxidáns hatásait vizsgálta. A zöldbabot és céklát hőkezelték és azt követően konzerválták. Eredményeik arra következtettek, hogy a cékla konzerválása során nagyobb volt a folsav veszteség, mint a zöldbabnál. Ezt az eredményt a zöldbab vízben történő

csomagolásával és feldolgozásával létrejött redukáló környezetnek tulajdonították, hiszen a céklát töltőközeg nélkül csomagolták és ott egy 30%-os csökkenést tapasztaltak. [18]

A zöldségek főzése során a tiamintartalom csökkent a legnagyobb mértékben. A többi B vitamin veszteségének fő oka a főzés során való kimosódás volt. Összehasonlították a zöldborsó és zöldbab főtt-friss, főtt-fagyasztott és konzervek vitamintartalmát, ahol a főtt-friss termékeknek volt nagyobb a tiamintartalma. A niacin és tiamintartalma megegyezett a főtt-fagyasztott és konzerv zöldségeknek. A zöldborsó esetében a főtt konzerv minták tiamin és niacin tartalma szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a főtt és fagyasztott mintáké. Az itt vizsgált minták nedves tömegre voltak vonatkoztatva, a vitamintartalom csökkenését a vitaminok vizes közegben való hígulása okozhatta. [13]

Shailesh Kumar és Bill Aalbersberg 2006-os publikációjukban azt állították, hogy a B vitaminok közül a főzés és a mikrohullámú sütő használata után a B3 vitamin legfőbb veszteségét nem a hő általi károsodás, bomlás okozta, hanem a hőkezelés során a folyadékfázisba való átoldódása a vitaminnak. [19] Ezzel kapcsolatos kutatást végeztek szintén ebben az évben Leskova és társai, ők a B3 vitamint tartják a leginkább hőállóknak az összes B vitamin közül. Az általuk készített főzési, hőkezelési kísérletek alapján azt állítják, hogy a legnagyobb vitaminvesztést főzés során való kimosódás okozza. [16] Ezen kutatások alapján a kísérletem során a főzővízbe átoldódó B vitamin mennyiséget is vizsgáltam, ennek részletei az eredmények részben található.

3. CÉLKITŰZÉSEK

Kutatásaim során azokra a kérdésekre kerestem a választ, hogy a vitaminban gazdag nyers gyümölcsök, zöldségek, mint az alma, a sárgarépa, és a narancs különböző hőkezelések után is megfelelő mennyiségben tartalmazzák-e az egészséges szervezet fenntartásához szükséges vitaminmennyiséget; illetve melyek azok a hőkezelési eljárások, amelyek a leginkább károsítják az adott vitamin mennyiségét? Ezen kérdések megválaszolásához 1, 5 és 8 percig végeztem hőkezelést forrásban levő vízben, mikrohullámú sütőben 700 W-on és forró olajban ~180 °C-on.

Célvegyületnek a B1, B3, B5, B6 és B9 vitaminokat választottam, mert ezek hőstabilitását technológiai körülmények között így, összefoglaló módon kevesebbszer vizsgálták, mint például a C vagy az A vitaminokét. A zöldség- és gyümölcsminták, valamint a visszamaradó főzővíz B vitamin tartalmát LC-MS/MS módszerrel mértük.

A kutatásomhoz egy kérdőív is tartozik, mely iránymutatást adott a kísérleteim megválasztásában, illetve egy megfelelő képet adott az átlagos fogyasztók zöldség és gyümölcs fogyasztási, tárolási és felhasználási szokásairól. Ezen kérdőív alapján választottam a magas hőfokú kezelési módokat, mert a mindennapi életben ezeket nagyobb számban használjuk ételünk elkészítéséhez.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1. Kérdőíves kutatás

Az általam készített kérdőívem témája a zöldség és gyümölcs fogyasztás, felhasználás és tárolás otthoni körülmények között. A kérdőívem 43 kérdést tartalmazott, melynek bevezetőjében általános demográfiai adatokra kellett válaszolni, majd ez után a mindennapi zöldség és gyümölcs fogyasztási szokásokra, ahol szerettem volna különbséget tenni, hogy az átlagos fogyasztó honnan vásárolja az általa fogyasztott zöldségeket, gyümölcsöket, illetve ezen élelmiszerek termesztése, tárolása mennyire fontos a fogyasztónak és mit gondol a tárolás során felmerülő vitaminmennyiség csökkenésről. A kérdőív utolsó részében pedig a legismertebb vitaminok szervezetünkre gyakorolt hatásaira és a vitaminkiegészítők fontosságára kérdeztem rá. A kérdőívet a közösségi oldalakon osztottam meg, ezzel próbálva minél szélesebb korosztályt elérni. A kitöltési időszak 2022.07.06-10.02-ig tartott, ahol összesen 203 természetes személy töltötte ki. Ezen kérdőív eredményei alapján választottam a magas hőfokú kezelési módokat, mert a mindennapi életben ezeket nagyobb számban használjuk ételünk elkészítéséhez. A kérdőív megtekinthető ezen a linken:

<https://docs.google.com/forms/d/19aewCyqUU9f4Jz09JfFzvNM71u0q1lfbac5t72N8Whg/prefill>

4.2. Laboratóriumi vizsgálatok

4.2.1 Mintagyűjtés, hőkezelési eljárások

A vizsgálatra szánt almát, narancsot, sárgarépát a kísérleteink elvégzésének reggelén a közeli szupermarketből szereztük be. A mindegyik termékből 1-1kg-ot vásároltunk, majd egy alapos mosás után, megpuoltuk őket. Szükség esetén eltávolítottuk a magházat, a héját, a nem ehető részeket majd ismételten megmértük az adott zöldséget, gyümölcsöt. A nem ehető részek eltávolítása utáni tömeget vettük alapul, majd a lehető legkisebb részekre kockáztuk az élelmiszereket. A kockázáshoz külön vágódeszkát és kést használtunk, ügyelve a kontamináció elkerülésére. Az apróra kockázott mintákat tiszta főzőpoharakba tettük, mindegyik főzőpohárba 100-100g minta került, melyeket egy Precisa 404 M SCS gyorsmérleggel mértünk ki. A választott alma, narancs és sárgarépából kontroll mintákat is készítettünk, melyek hőkezelés

nélkül, nyersen, kerültek a mintaelőkészítési folyamatba. Három különböző hőkezelési eljárást választottunk a korábbi kérdőív eredményei és a Magyarországon leginkább alkalmazott főzési és sütési technikák figyelembevételével. Ezen technikák a mikrohullámú sütőben való hevítés, a forró vízben való főzés és az olajon való pirítás volt. Minden esetben 100g mintát vettünk alapul, az időintervallumokat ezen mennyiséghez mértük. Mivel magas hőmérsékleteken dolgoztunk és kísérletenként 100 gramm mintával, a szenedés és a mérendő vitaminok nagyfokú károsodása elkerülése végett a rövid intervallumokat választottunk, melyek 1 perc, 5 perc, 8 perc voltak. A minták megfelelő jelölésére az alább látható táblázat nyújtott útmutatást. (3. táblázat) A minta kódok első betűje az általunk vizsgált sárgarépa, alma és narancs kezdőbetűi voltak, ez után következett a hőkezelési eljárás nevének jelölése, mint víz, olaj, mikrohullámú sütő, majd a szám a kód végén a hőkezelés időtartamára vonatkozott, melyek 1, 5 és 8 perc voltak.

3. táblázat: Vizsgált minták rövidítései

S: Sárgarépa A: Alma N: Narancs	Forró vízben főzés 100°C-on V	Forró olajban sütés 180°C-on O	Mikrohullámmal hevítés 700W-on M
1 perc	S; A; N/V01	S; A; N/O01	S; A; N/M01
5 perc	S; A; N/V05	S; A; N/O05	S; A; N/M05
8 perc	S; A; N/V08	S; A; N/O08	S; A; N/M08

A forró vizes főzéshez tiszta főzőedényt alkalmaztunk, melybe 500ml desztillált vizet öntöttünk, majd indukciós sütőlapon forralásig hevítettük. A minta csak a lobogó, forrásban lévő vízbe került, ahol stopperrel mérve a megfelelő időintervallumig (1, 5, 8 perc) forrt. A víz forralása és a minták hőkezelésének ideje alatt az edényt fedővel lefedtük, hogy ezzel csökkentsük a gőz elpárolgását. Az idő lejártával tiszta műanyag szűrőn át szétválasztottuk a szilárd és folyadékfázist. A főzővíz egy tiszta műanyag tálba került, ahonnan 25ml-es főzőpohárba mértük át. Az 1, 5 és 8 perces főtt minták teljes mennyiségét tiszta főzőpohárba helyeztük, kizárólag egyszer használatos, tiszta műanyagkanállal. A különböző intervallumok között a felhasznált eszközöket desztillált vízzel háromszor öblítettük, utána alkohollal átmostuk, majd teljesen megszáritottuk.

Az olajon való pirításnál 30 g napraforgó olajon sütöttük az alma, narancs és sárgarépa kockákat, fokozott figyelmet fordítva arra, hogy a minták akkor kerüljenek az olajra, amikor az elérte a 180°C-ot. A hőmérsékletet infrahőmérővel a kísérlet teljes hossza alatt ellenőriztük, egyaránt a serpenyő közepén és szélén is. Az időt stopperrel mértük. Folyamatos keveréshez hőálló szilikon spatulát használtunk, valamint törekedtünk a minták egységesen átsütésére. Az idő lejártával a kész mintákat fém szűrőn keresztül fém tálba szűrtük.

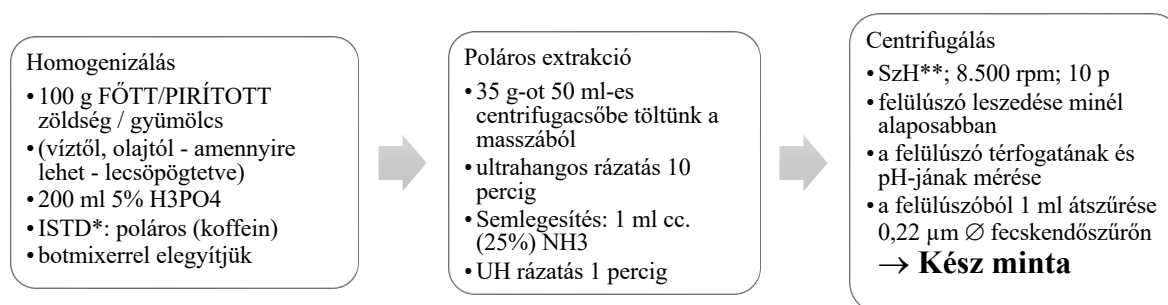
A kísérletek során a vágókésen kívül itt volt egyedül szükség fém eszközökre a forró olaj miatt, hiszen az könnyen megolvastotta volna a műanyag tálakat, szűrőket. Mivel a vizsgált B vitaminok mindegyike vízben oldódó, kizárólag az előzőekben ismertetett főzési kísérlet során mértük meg a keletkezett főzővíz B vitamin tartalmát. Ebben az esetben külön szűrésre került a sütésen átesett alma, narancs sárgarépa és a sütésre felhasznált olaj is, hiszen a nagy mennyiségű olaj a mintákban nemkívánatos volt. A többször használatos eszközöket szerves oldószerrel átmostuk, amíg nem maradt olaj rajtuk, majd alkohollal többször öblítettük. A teljesen száraz eszközöket szükség szerint újra felhasználtuk.

A mikrohullámú sütőt 700 W-ra állítottuk, ahol a mintákat egyesével a megadott ideig kezeltük. Ebben az esetben nem választottuk szét az esetlegesen keletkező folyadékfázist a szilárd anyagoktól, mivel az ezalatt keletkezett folyadék mennyisége 100g szilárd anyagra nézve elenyésző volt. A minták mindegyike külön főzőpohárba került a mikrohullámú sütőbe, a kezelés idejére a főzőpohár tetejére tiszta óraüveget helyeztünk, ezzel csökkentve az elpárolgó folyadék mennyiségét. A minták elkészítését külön narancsonként, sárgarépanként és almánként végeztük. Egy adott mintaelőkészítés és hőkezelés végeztével alapos mosás, zsírtalanítás, fertőtlenítés történt, melyhez mosogatószert, valamint szerves oldószert használtunk. A különböző hőfokon végzett kísérletek között hasonló odafigyeléssel történt az edények és eszközök kezelése. A kész mintákat lezártuk, fel címkéztük majd -80°C-ra hűtöttük, a későbbi vizsgálatokhoz.

4.2.2 Mintaelőkészítés

A narancs, alma, sárgarépa hőkezelési folyamatait elvégezve a keletkezett mintákat további kezelésnek vetettük alá. Első lépésként a szilárd mintákból 100-100 grammot mértünk ki, fokozott figyelmet fordítva, hogy minél kevesebb olaj és főzővíz kerüljön a szilárd fázishoz. A mintához 200 ml 5%-os H₃PO₄-ot adtunk, majd belső standard hozzáadásával, mely poláros koffein volt rozsdamentes acél botmixerrel 1 percig elegyítettük. Ez után következett a poláros extrakció, ahol tiszta 50ml-es centrifugacsőbe 35 grammot mértünk a keletkezett alma vagy

narancs vagy sárgarépa masszából. A centrifugacsöveket ultrahangos rázogatóba tettük, ahol 10 percet töltöttek szobahőmérsékleten. Ezzel a módszerrel szeretnénk volna javítani a botmixerrel összekevert pép még egyenletesebb homogenizálását. Ez után következett egy pH mérés melyet egy Thermo Scientific ORION VersaStar Pro nevű készülékkel vizsgáltunk. Az esetleges pH eltolódást 1ml 25%-os koncentrációjú ammónia-oldat adásával küszöböltük ki, majd ismételt ultrahangos rázatás következett 1 percig. A mintákat ez után 8500-as fordulatszámon 10 percig centrifugáltuk egy Biofuge Primo R laboratóriumi centrifugával. Így már teljesen szétválasztva a minták különböző fázisait. 5 ml-es pipettát használva a felülúszót külön centrifugacsöbe pipettáztuk. (6. ábra) Utolsó lépésként a mintáinkat külön viálokba szűrtük át, egy 0,22 µm pórusú fecskendőszűrőn át.



6. ábra: Alkalmazott mintaelőkészítési folyamatra

*ISTD: Internal Standard = belső sztenderd

** SzH: szobahőmérséklet

A vizsgálni kívánt alma, narancs és sárgarépa főzése során nyert vízminták nem igényeltek speciális mintaelőkészítést, valamint belső sztenderdet (ISTD) sem. Az előkészítés során egy 0,22 µm pórusú fecskendőszűrőn szűrtünk a vízminták 1-1ml-ét, majd ez után kerültek az LC-MS/MS-be (Liquid chromatography – tandem mass spectrometry = Folyadékromatográfia – tandem tömegspektrometria).

4.2.3 Műszeres mérések

A minták vitamin tartalmának mérését egy Shimadzu LCMS-8030Plus LC-MS/MS rendszerrel végeztük el. Kolonna: Phenomenex Kinetex C₁₈, 100 x 4,6 mm ID (2,6 µm); előtét kolonna: 4x2 mm C₁₈. Gradiens elúciót alkalmaztunk, melyben az 'A' eluens: 50 mM ammónium-acetát vízben (pH=5 ecetsavval), a 'B' eluens: 0,1 % (v/v%) hangyasav acetonitrilben. Az áramlási

sebesség: 0,5 ml/min; egy kromatográfiás mérés ideje: 6 perc volt. A kolonnatér hőmérséklete: 30 °C, a mintaadagoló hőmérséklete: 15 °C. Injektált térfogat: 15 µl.

Electrospray (ESI) ionforrást használtunk pozitív ionizációs polaritással, multiple reaction monitoring (MRM) módban. Interface: 4,5 kV, interface hőmérséklet 250 °C, desolvation line: 300 °C, heat block: 300 °C, detektor feszültség: 1,78 kV, porlasztó gáz (N₂): 3 l/perc, szárító gáz (N₂): 10 l/perc. Ütközési gáz (Ar): 230 kPa.

A mennyiségi méréshez tiszta oldószerben oldott vitamin referencia sztenderdek segítségével külső sztenderdes kalibrációt alkalmaztunk, 11 koncentráció-ponton felvett kalibrációs egyenessel az 1-5000 µg/kg tartományban. Mind a kalibrációs pontokat, mind az éles minták extraktumait háromszor injektáltuk.

4.2.4 Adatfeldolgozás

A kérdőívből származó eredményeket a Microsoft Excel szoftver segítségével elemeztem és jelenítettem meg.

A műszeres mérési eredményeket az LC-MS/MS rendszert vezérlő LabSolutions® program segítségével dolgoztuk fel, majd a MS Excel segítségével végeztem az utóelemzést, a grafikus megjelenítést és a statisztikai elemzéseket.

5. EREDMÉNYEK

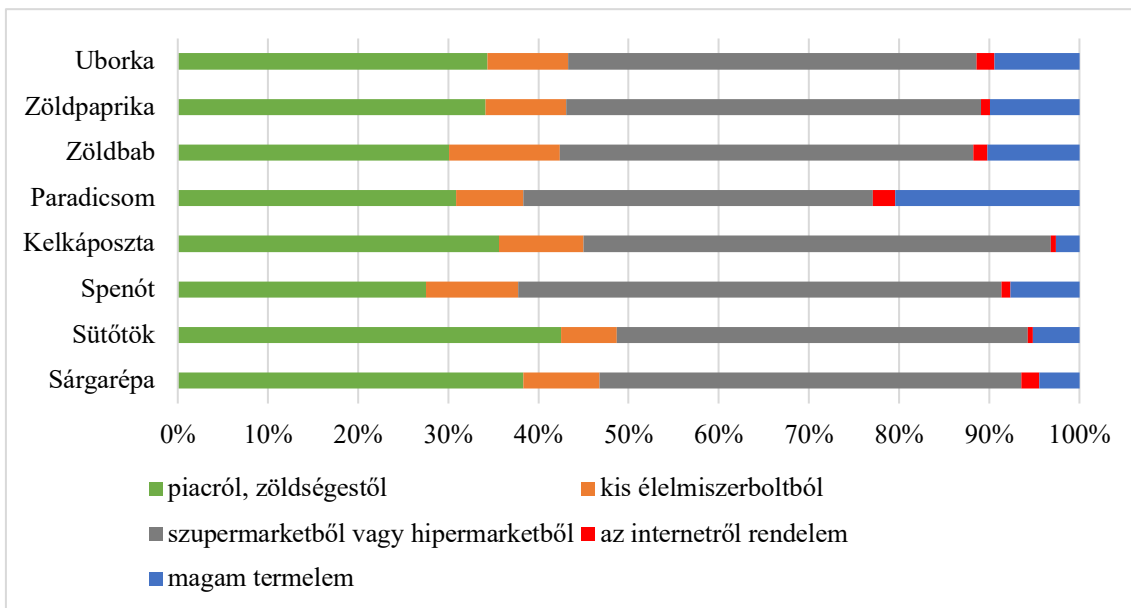
5.1. A kérdőív eredményei

A 3 hónapos kitöltési időszak alatt 203-an töltötték ki a kérdőívet, ahol a kitöltők 83%-a nő, 17%-a férfi volt. A korosztály megoszlása szerteágazó volt, legtöbben a 18-26 és 45-55 évesek töltötték ki, ez az teljes kitöltők 24-24%-át tette ki. A 26-35 évesek a kitöltők 20%-a volt, míg a 36-45 éves korosztály 15%, az 56-60 évesek 14%-kal, a 65 év feletti 2%-kal képviseltették magukat. A kitöltők közül 122-en végeztek főiskolát vagy egyetemet, 71-en rendelkeznek gimnáziumi érettségivel, a többi kitöltő pedig szakközépiskolában végezte tanulmányait vagy még tanulók. A válaszadók lakóhelye szerinti megoszlása a következőképp alakult: a legtöbben a fővárosban (41,3%) és 10000 lakosnál népesebb városban (22,4%) él, megyeszékhelyen 16,4%, kisvárosban 7%, faluban pedig 12,4% él. A válaszadók 60,1%-a 2-3 fős háztartásban él, 26,6% él 4-5 fős háztartásban, 11,3% él egyedül és 2% él 6 főnél nagyobb háztartásban.

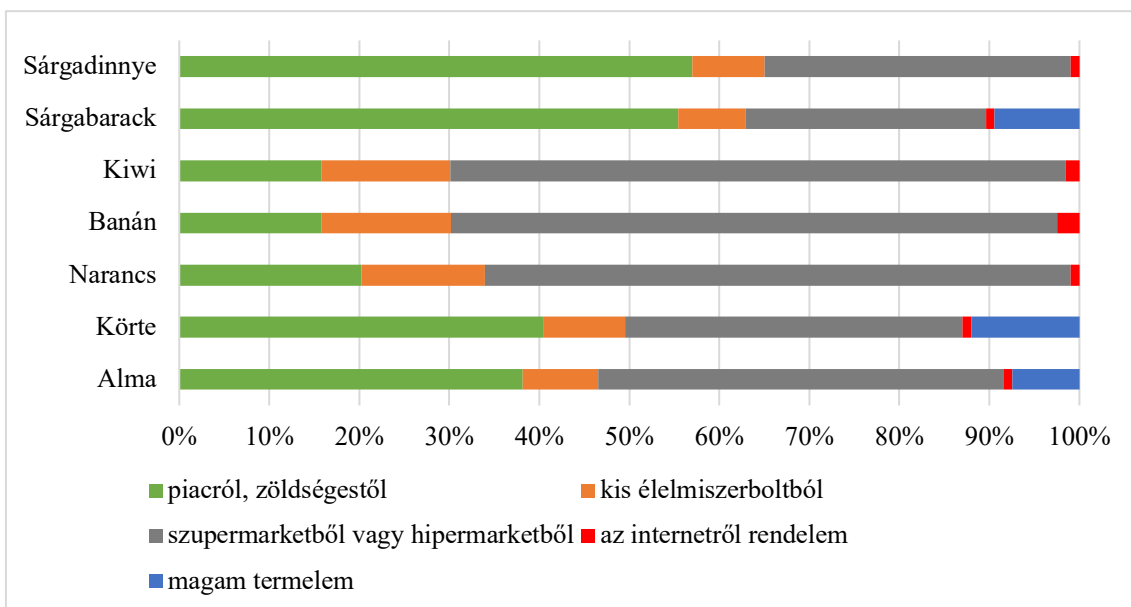
5.1.1 Fogyasztási szokások

Rákérdeztem a hazánkban beszerezhető zöldségek, gyümölcsök szezontól függően való fogyasztásának gyakoriságára. A kitöltők zöldségek körül leggyakrabban sárgarépat és paradicsomot, gyümölcsök közül almát és banánt fogyasztanak a szezontól függetlenül. A kapott eredmény azzal magyarázható, hogy ezek a zöldségek, gyümölcsök egész évben elérhetők hazánkban, valamint a sárgarépa és alma nagy számban használható fel a hazai ételeink elkészítéséhez. A kitöltők legnagyobb arányban szupermarketből, hipermarketből szerzi be a zöldségeket, gyümölcsöket, de nagy számuk piacról, zöldségestől is szívesen vásárol. (7. ábra, 8. ábra) Ehhez a kérdéskörhöz fontosnak tartottam megkérdezni, hogy a fogyasztót mennyire foglalkoztatja az, hogy az általa vásárolt élelmiszerek üvegházból származnak-e. A fogyasztók 38,9%-ának fontos, a 34%-ának nem fontos, 27,1%-ának pedig talán fontos, hogy a vásárolt termék ne üvegházból származzon. Ennek valamelyest ellentmond az a szándékuk, miszerint a zöldségeket, gyümölcsöket mégis olyan üzletekből vásárolják, melyek nagyrésze nagyüzemi termelésből szerzi be az adott élelmiszert. Ennek ellenére arra a kérdésre, hogy „Ön szerint a csökkent-e a zöldségek, gyümölcsök vitaminmennyisége, azért, mert a termelésük intenzíven történik?” A válaszadók 71,4%-a felelt igennel, 21,2%-uk talánnal

és csupán 7,4%-uk gondolta úgy, hogy nem csökken a vitaminmennyiség az intenzív termelési folyamat során.

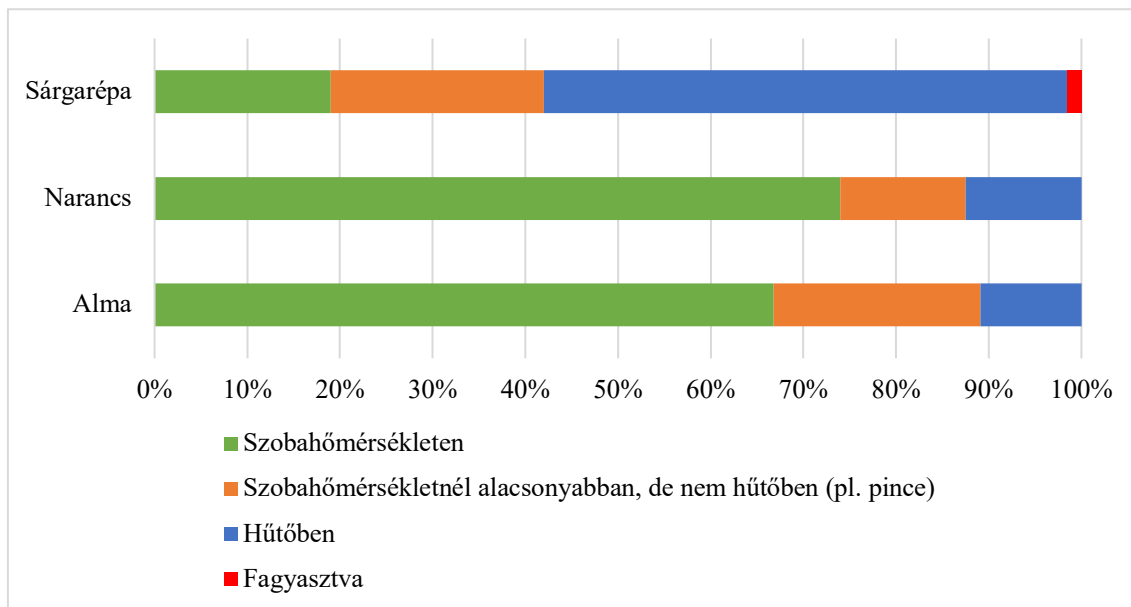


7. ábra: Honnan szerzi be leggyakrabban az alábbi zöldségeket?



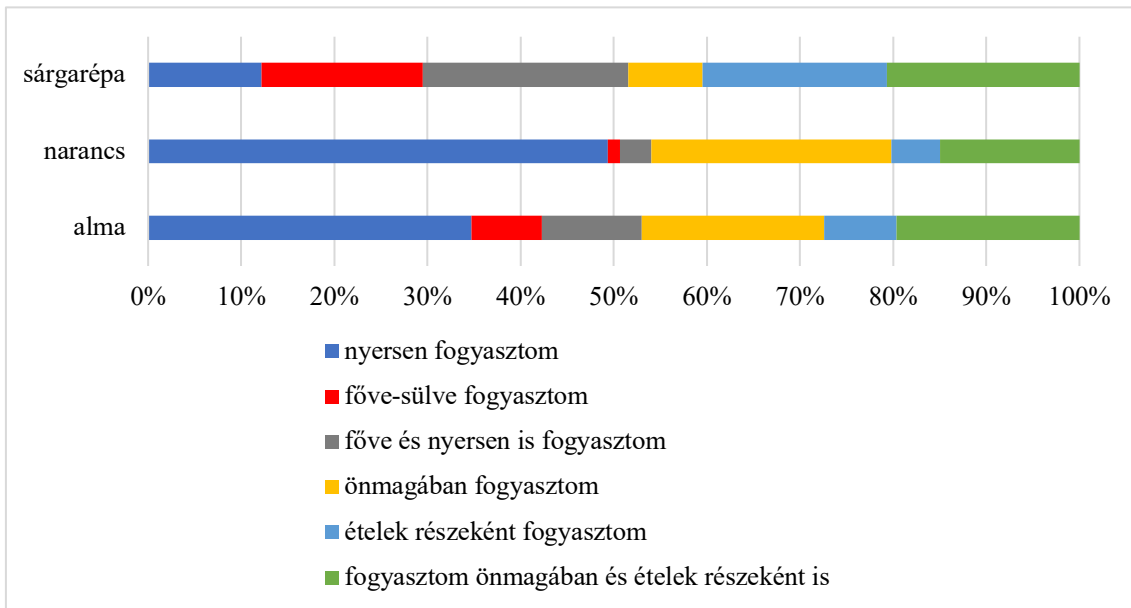
8. ábra: Honnan szerzi be leggyakrabban az alábbi gyümölcsöket?

Az élelmiszerek bevásárlási szokásai után az általunk vizsgált alma, narancs és sárgarépa fogyasztási, tárolási és felhasználási szokásokról érdeklődtem. A válaszadók közel 100%-a mindhárom élelmiszert frissen és nyers formában szerzi be, csupán 19 ember volt, aki sárgarépát fagyasztva és 19 ember, aki az almát szárítva is megvásárolja. Kompótként és konzervként való beszerzésük elhanyagolható. Legtöbben szobahőmérsékleten tárolják az almát és narancsot, hűtőben pedig a sárgarépát. (9.)



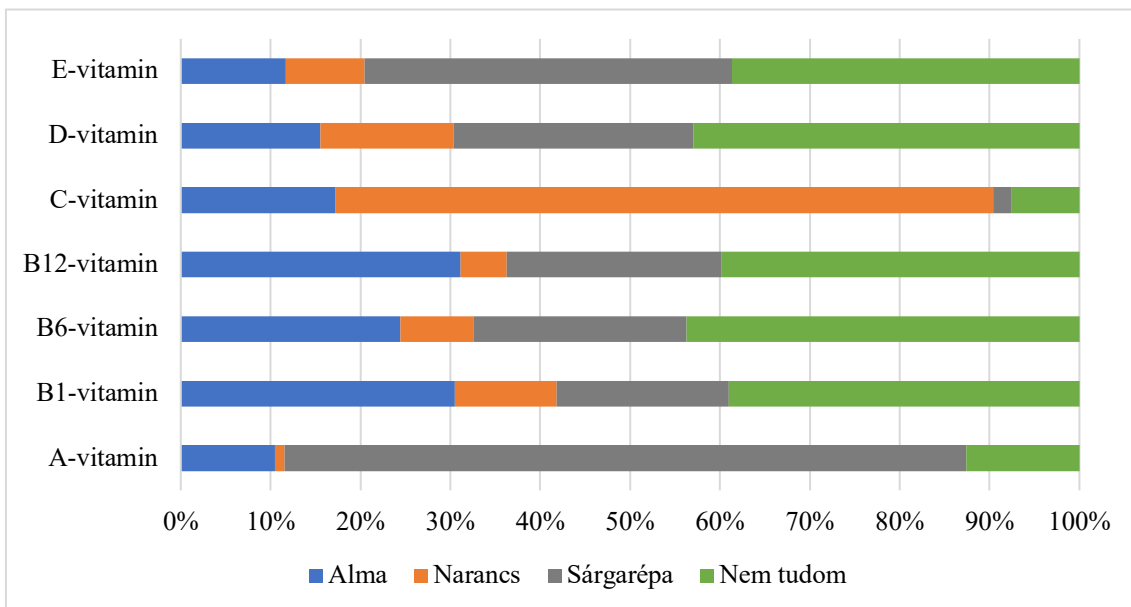
9. ábra: Hogyan tárolja az almát, narancsot és a sárgarépát?

A fogyasztási szokások ennél szerte ágazóbbak voltak. (10. ábra) Almát és sárgarépát nyersen fogyasztják a leginkább. A sárgarépát mindegyik megadott elkészítési módon szívesen fogyasztják. Ezeket a kérdéseket azért tartottam fontosnak, mert ezek alapján állítottuk össze a kísérletekhez szükséges hőkezelési eljárásokat, valamint egy átfogó képet szeretnénk volna kapni a hazai zöldség és gyümölcs fogyasztásról, valamint elkészítési eljárások gyakoriságáról.



10. ábra: Milyen formában fogyasztja az almát, narancsot és a sárgarépát?

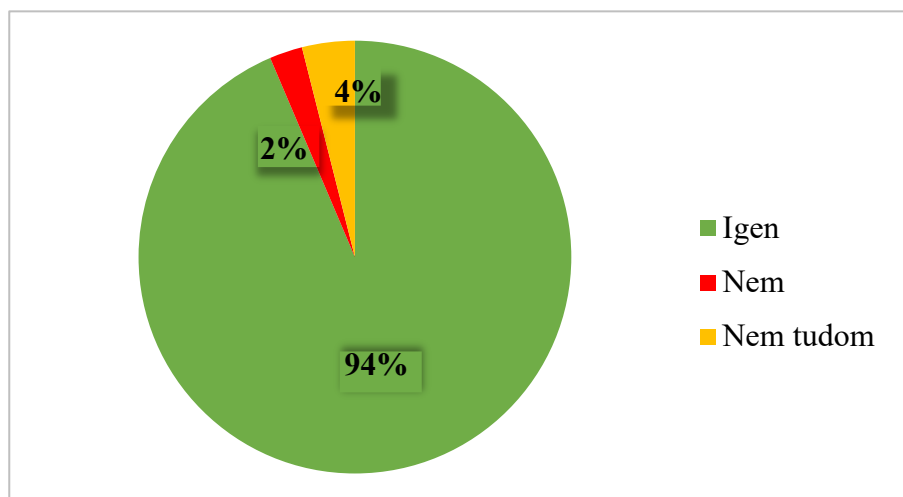
A kérdőív második felében a vitaminok fontosságát a és a kitöltők vitaminokkal kapcsolatos tájékozottságát szerettem volna felmérni. A válaszadók közül 145-en jelölték, hogy a sárgarépa tartalmazza a legtöbb A-vitamint és a narancs pedig a legtöbb C-vitamint. Viszont a diagramból jól látszik, hogy a válaszadók közel 1/3-a a B, E és D vitaminoknál tanácstalan volt. (11. ábra)



11. ábra: Ön szerint melyik vitaminból tartalmaz a legtöbbet az alma, a narancs és a sárgarépa?

Fontosnak tartottam a különböző hőkezelési eljárások vitaminokra való hatásáról is felmérést készíteni. Ezért több kérdés irányult a különböző hőmérsékleten való tárolás és elkészítési

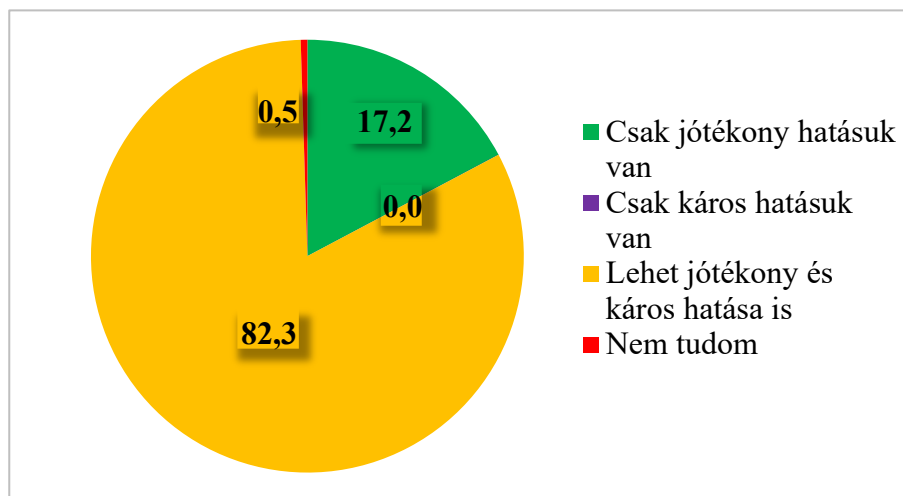
módokra, melyek válaszaik segítséget nyújtottak a hőkezelési kísérletek megválasztásában. A tárolási szokások közül az alma és narancsot szobahőmérsékleten, míg a sárgarépat hűtőben tárolják a legtöbben. (9. ábra) A kitöltők 66%-a szerint a különböző tárolási eljárások (szobahőmérsékleten, hűtőben stb.) befolyásolja a termék vitamintartalmát. Ezzel összefüggésben kérdeztem rá a zöldségek, gyümölcsök frissessége és a bennük lévő vitaminmennyiség közötti összefüggésre. A kitöltők 76,4%-a szerint a frissesség befolyásolja a zöldségekben, gyümölcsökben lévő vitaminmennyiséget. A válaszadók 94%-a szerint a hőkezelési eljárások, mint a sütés és főzés csökkentik az élelmiszerekben lévő vitaminmennyiséget. (12. ábra) Ez az eredmény 57,6%-ra csökkent a következő kérdésnél miszerint a fagyasztóban tárolt mirelizözöldségek, gyümölcsök vitaminmennyisége kevesebb mint a friss élelmiszereké. Tehát a kitöltők szerint a magasabb hőmérsékleten történő hőkezelési eljárások nagyobb mértékben csökkentik az adott élelmiszer vitaminmennyiségét mint a hűtési, fagyasztási eljárások.



12. ábra: Ön szerint a különböző hőkezelési eljárások (sütés, főzés) csökkentik az ételek vitamintartalmát?

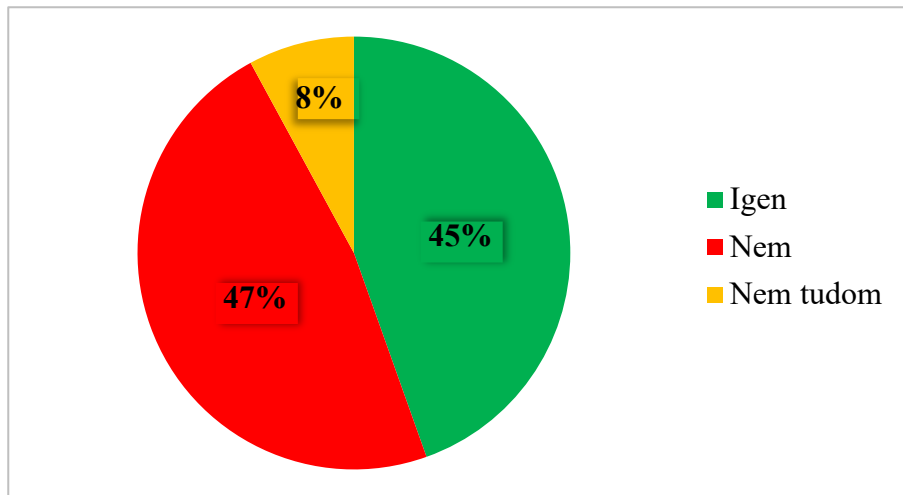
A fizikai aprítás, darabolás is befolyásolhatja a vitamin mennyiségét. Azonban a válaszadók 84,7%-a szerint a mechanikai változtatás nem befolyásolja az adott élelmiszer vitaminmennyiségét. Mivel köztudott, hogy az élelmiszerboltok polcra kerülő zöldségek, gyümölcsök kezelve vannak különböző peszticidekkel, melyek elősegítik a termékek eltarthatóságának növelését, ezért fontosnak véltem rákérdezni, vajon a fogyasztó mit gondol ezeknek a vegyszereknek a termék vitamintartalmára való hatásáról. A válaszadók több mint fele gondolta úgy, hogy a vegyszerekkel kezelt zöldségek, gyümölcsök csökkenthetik az adott termék vitaminmennyiségét.

Fontosnak tartottam a kitöltők véleményét azzal kapcsolatban, hogy általánosságban mit gondolnak a vitaminok hatásairól. Ebbe a kérdésbe személyes véleményt is lehetett írni, melyeket később a kérdésben megadott négy különböző kategóriába soroltam. A válaszadók 82,3%-a tisztában volt azzal, hogy a vitaminoknak a jótékony hatásukon kívül bizonyos mennyiségben károsíthatják az egészséget. (13. ábra) Viszont a kitöltők 17,2%-a gondolta úgy, hogy kizárólag jótékony hatásuk lehet. Elmondható, hogy a 203 kitöltő közül senki sem gondolta úgy, hogy a vitaminoknak csak káros hatása lehet, valamint egyetlen személy volt, aki nem foglalt állást ebben a kérdésben.



13. ábra: Ön szerint a vitaminoknak milyen hatása lehet?

A kérdőív utolsó részében kitértem a vitaminkiegészítőkre, ahol ezeknek a szükségességét kutattam és kérdeztem rá, mit gondolnak a kitöltők ezeknek a fontosságáról, illetve milyen összefüggést látnak a napi zöldség, gyümölcs fogyasztás és az ezeken felül szedett vitaminkiegészítővel kapcsolatban. (14. ábra) Megosztó eredmény született arra kérdésre, miszerint a napi szinten fogyasztott zöldség, gyümölcsök mellé szükséges-e vitaminkiegészítőket szedni. A kitöltők közel egyformán válaszoltak erre a kérdésre igennel és nemmel. Véleményem szerint ez a mindennapi életben rendszeresen reklámozott táplálék- és vitaminkiegészítőkről szóló hirdetések is nagyban befolyásolják.



14. ábra: Ön szerint, ha napi szinten fogyasztunk zöldség, gyümölcsöket szükséges vitaminkiegészítőket szedni?

5.2. Laboratóriumi vizsgálatok eredményei

Az eredmények összehasonlításának jobb átláthatósága miatt a nyers mintákban mért koncentrációkhoz százalékosan viszonyítottam az almából, narancsból és sárgarépból hőkezelés után kinyert B vitaminok mennyiségét. (3. melléklet) A ténylegesen mért szám adatok a 2. mellékletben olvashatók.

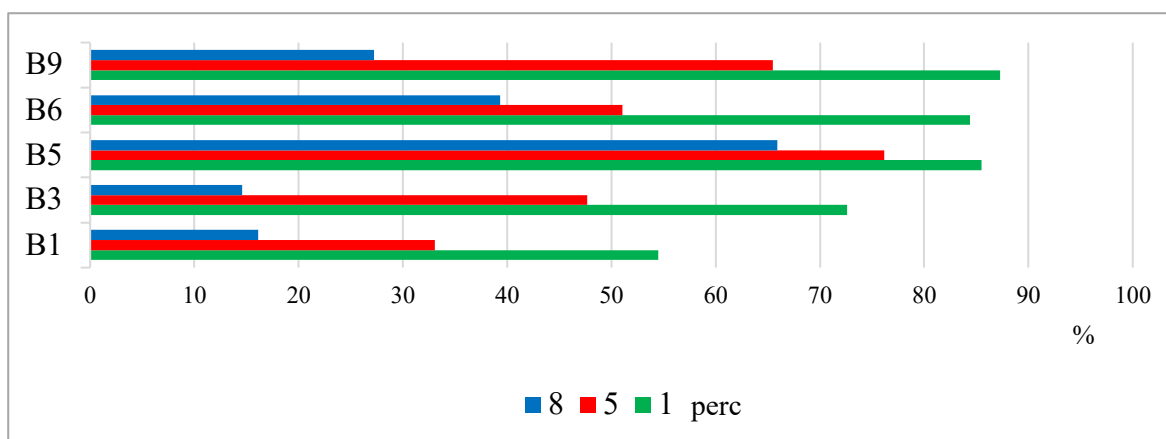
5.2.1 Almával végzett hőkezelési eljárások

❖ A kontrollminták eredményei

A nyers kockázott almából kinyert átlagos vitamintartalmakat vettük alapul a hőkezelt minták összehasonlítására. A legnagyobb mennyiségben a B5 vitamin volt jelen a mintánkban, mely $2729,5 \pm 88,9 \mu\text{g/kg}$ volt. Ezt követte a B3 vitamin, melynek mennyisége már jelentősen kevesebb, $887,1 \pm 12,9 \mu\text{g/kg}$ volt, ez 4,5-szerese az almában átlagosan megtalálható B5 koncentrációnak. A B1 vitamin mennyiségére magasabbat értéket, azaz $220,0 \pm 2,5 \mu\text{g/kg}$ -ot mértünk a korábban kutatók által elvégzett mérési adatokhoz képest, ahol ez csupán $90 \mu\text{g/kg}$ volt. (2. táblázat) A B6 vitamin mennyiségénél a várt 210-400 $\mu\text{g/kg}$ körüli értékhez képest csupán $55,2 \pm 2,6 \mu\text{g/kg}$ -ot mértünk. Az almában megtalálható B vitaminok közül a B9 mennyisége volt a legkevesebb: $26,0 \pm 1,8 \mu\text{g/kg}$.

❖ Mikrohullámú sütővel történő hevítés után

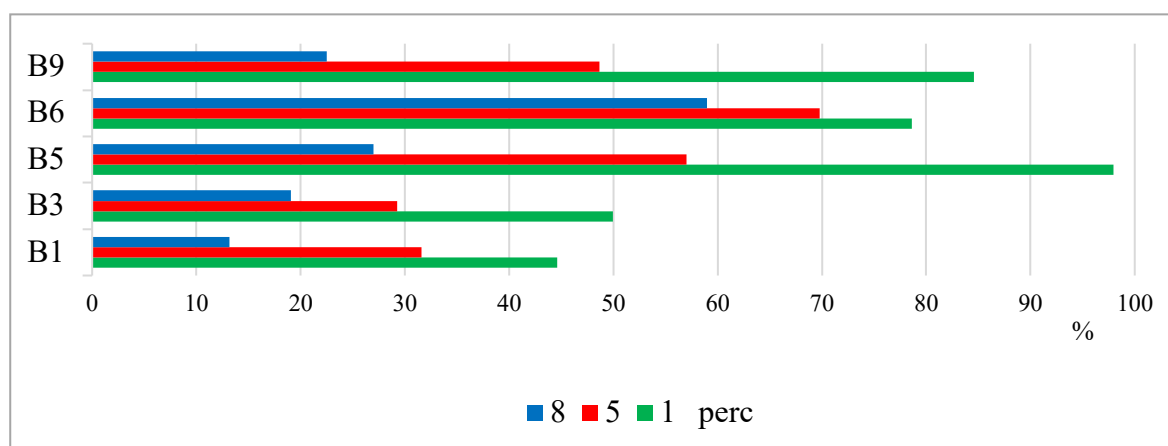
Kutatásunk során vizsgáltuk, hogyan változik az alma vitamin tartalma mikrohullámú sütőben való 1, 5, illetve 8 perces hőkezelés során. Megfigyelhető, hogy 1 perces kezeléstől semelyik vitamin koncentrációja sem csökkent 50 % alá a kontroll gyümölcs vitamintartalmához képest, amit 100%-nak tekintettünk. A B5, B6, B9 vitaminok tekintetében kijelenthető, hogy 1 perces kezeléstől az alma a vitamintartalmának több mint 80% megmaradt, a B3 vitaminé pedig 72,6% volt. (15. ábra) Az 1 perces kezelésnek legkevésbé ellenálló vitamin a B1 volt, amely a kísérlet hatására 54,5% csökkent. Az 5 perces kezelés hatására tovább vesztett az alma a vitamin tartalmából átlagosan 20%-kal csökkent tovább a tartalma. Legkevésbé a B5 vitamin csökkenése volt megfigyelhető, ami az alma 5 perces kezelését követően még mindig 76,2%-a volt B5 vitamin kiindulási koncentrációjának. A B6 vitamin esetében az 1 perces kezeléshez képest további 33,3% vesztett a vitamin tartalmából. 8 perces kezelése hatására a vitamin mennyiségek drasztikus csökkenése volt megfigyelhető a kontrol almához képest. Legnagyobb mértékben a B3 vitamin tartalma csökkent le az almának, amelynek így már csak 14,6% volt. Továbbá a B1 vitamin szintje is 16,1%-ra változott. A leginkább hőálló vitaminnak a B5 vitamin ígérkezett, hiszen a 8 perces kezelés hatására az almában lévő vitamin 65,9%-a megmaradt. A legdrasztikusabb csökkenés az 5 és a 8 perces vizsgálatok között a B9 vitaminnál figyeltük meg, ahol a két kísérlet között további 38,3%-ot vesztett a gyümölcs a B9 vitamin tartalmából.



15. ábra: Alma - mikrohullámmal hevítése

❖ Olajban történő sütés után

Az alma olajban sütése során ugyan azokat az időközöket használtunk, mint az előző vizsgálatainkkor. Megfigyelhető, hogy már 1 perces sütést követően a B3 és a B1 vitamintartalom 50% alá csökkent a kontrol almához képest. Azonban a B5 vitamin esetében csak egy elenyésző 2,1% csökkenést tapasztaltunk. Az 5 perces kezelésnél további nagymértékű csökkenés B5 és a B9 vitamin esetében fordult elő. A B1 és a B3 vitamintartalma az 5 perces kezelés során a kontroll mintához képest 30% körülire csökkent. Ez a két vitamin volt a legkevésbé ellenálló az olajban való hőkezelések során. (16. ábra) Az összes hőkezelési eljárást figyelembe véve a 8 perces olajban sütés volt a legkritikusabb hőkezelés. Ennek ellenére a B6 vitamin bizonyult a leghőstabilabb, hiszen az almában a kezdeti koncentrációhoz képest a vitamin 59%-a megmaradt. Legkisebb mértékben a B1 vitamin volt mérhető, a szintje 13,2% csökkent. A B3, B5, B9 vitaminok a kezdeti koncentrációhoz képest átlagosan 20%-ra csökkentek a 8 perces olajban sütés során.

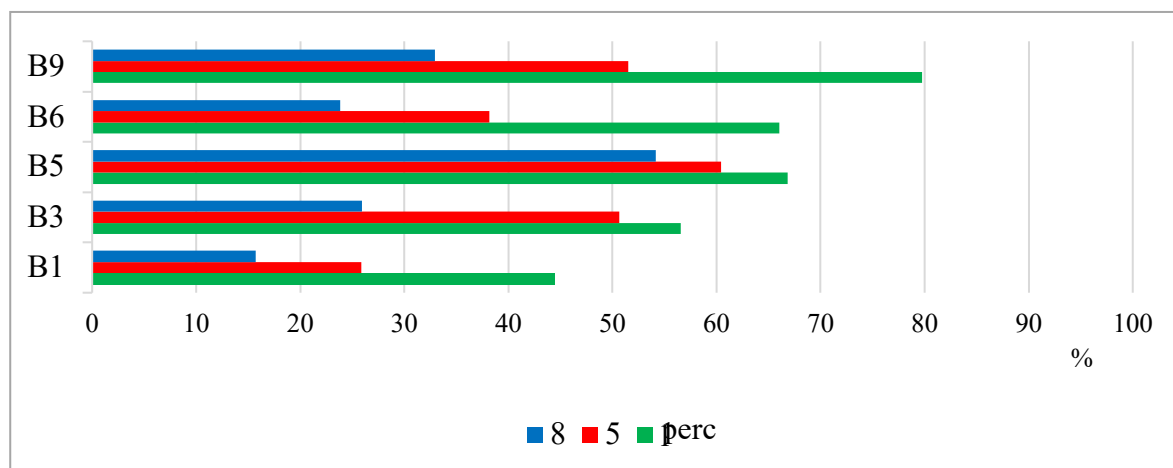


16. ábra: Alma - olajban sütése

❖ Forró vízben való főzés után

Az alma forró vízben való főzése során mértük a benne lévő vitamin tartalmának mennyiségi változását a kontroll mintához képest. Az 1 perces kezelést követően is jelentős mértékben csökkent a vitaminok mennyisége átlagosan 62,7%-ra. Legjobban a B9 vitamin állt ellen az 1 perces főzésnek és csupán 20,2% vesztette el az eredeti tartalmának. A B5 és a B6 vitamin közel azonosan reagáltak a hőkezelésre és a kontrolhoz képest a B5 66,8%-a a B6 vitaminnak pedig a 66,0%-a maradt meg. Legnagyobb mértékben a B1 vitamin mennyisége csökkent, ez 44,4%-ra változott. Az 5 perces kezelést követően további csökkenés volt megfigyelhető. Legkisebb mértékben a B3 vitamin szintje változott további 5,9%-kal. Ezen értékhez közel van

a B5 vitamin csökkenése is, ami 60,4%. B6 és a B9 vitamin esetében jelentős csökkenést tapasztaltunk B9 esetében 28,2% még B6 esetében 27,9% volt az 1 perces mintához viszonyítva. 5 perces kezelést követően a kontrolhoz képest az alma átlagos vitamin tartalma már csak 54,7%. A 8 perces vízben való főzés után az almában lévő B vitaminok közül a legkisebb mennyiségben a B1 vitamin volt mérhető, amely csupán 15,7%-a volt a nyers minta B1 vitamin tartalmának. B5 vitamin esetében minimális eltérés volt megfigyelhető a különböző időtartamú kezelések között, hiszen ennél a hőkezelésnél is a kontrollhoz képest még mindig fellelhető volt a B5 vitamin 54,4%-a. Az 1 perces és a 8 perces kezelések között csupán 12,6% volt a csökkenés mértéke, így ez a vitamin volt a leginkább hőálló ebben a kezelésben. A B3 és a B6 vitamin mennyisége is számottevően csökkent, 26,0% és 23,9%-ra, míg a B9 vitamin szintje 32,9%-ra változott. (17. ábra) A B5 vitamin kivételével elmondható, hogy ez a típusú hőkezelés időtartama jelentősen befolyásolja az alma vitamintartalmát és minél hosszabb egy vízben való főzés annál nagyobb mértékben csökken a vitamin tartalom a gyümölcsben.



17. ábra: Alma - vízben főzése

❖ Víz vizsgálata a főzés után

A B vitaminok mindegyike vízben oldódó vegyület. Ezt a tulajdonságukat szeretttük volna vizsgálni a főzés során, azzal, hogy a kész almák szűrése után a vízmintában esetlegesen előforduló B vitamin mennyiségét mértük. A szakirodalom szerint a B vitaminok legnagyobb veszteségét a főzés során a vízbe történő okozza átoldódását. [16][17] Az almából kinyert, általunk vizsgált B vitaminok mindegyikéről (kivétel a B9 vitamin) elmondható, hogy valóban átoldódtak a főzővízbe is. Az 1 perces főzés utáni vízmintában megfigyelhető, hogy legnagyobb mennyiségben a B5 vitamin volt jelen, $119,4 \pm 8,2 \mu\text{g/l}$ -rel. Ennek a vitaminnak volt

mindhárom hőkezelés alatt a legmagasabb koncentrációja. Az idő előrehaladtával mennyisége csökkent, az 5 perces kezelés alatt $86,1 \pm 5,95 \mu\text{g/l}$ -re, majd a 8 perces főzés alatt a felére, azaz $46,7 \pm 3,6 \mu\text{g/l}$ -ra változott. Ezt követte a lényegesen kisebb, $42,5 \pm 2 \mu\text{g/l}$ koncentrációjú B3 vitamin, melynek az 5 perces hőkezelés a mennyiségét a felére csökkentette: $21,1 \pm 0,9 \mu\text{g/l}$, majd a 8 perces hőkezelésnél egy elég drasztikus fogyás következett be, így már csak $3,9 \pm 0,25 \mu\text{g/l}$ mérhető mennyiséget detektáltunk. A B1 vitamin már az 1 perces kezelés után is kis mennyiségben volt mérhető ($18,3 \pm 1 \mu\text{g/l}$). Ezek az eredmények 5 perc alatt $15,7 \pm 0,9 \mu\text{g/l}$ és 8 perc alatt $12,6 \pm 0,9 \mu\text{g/l}$ változtak. Elmondható, hogy a három különböző mérés során a B1 vitamin viszonylag ellenállónak bizonyult, hiszen az idő előrehaladtával a mennyisége nem csökkent egyenes arányban a főzési idővel. A B6 vitamint már az 1 perces hőkezelés után is a detektálható vitaminok közül a legkisebb mennyiségben mértük: $3,1 \pm 0,1 \mu\text{g/l}$, viszont ez a vitamin bizonyult a főzés során a legjobb átoldódási képességűnek, hiszen az 5 és 8 perces hőkezelés során is hasonló mennyiségben oldódott át a vízmintába. Ez az érték a $2,2 \pm 0,1 \mu\text{g/l}$ -re változott az 5 perces, majd $1,8 \pm 0,1 \mu\text{g/l}$ -ra a 8 perces főzés során. A B9 vitaminról elmondható, hogy egyik vízmintában sem sikerült mérhető mennyiséget találni.

5.2.2 Narancssal végzett hőkezelési eljárások

❖ Kontrollminták eredményei

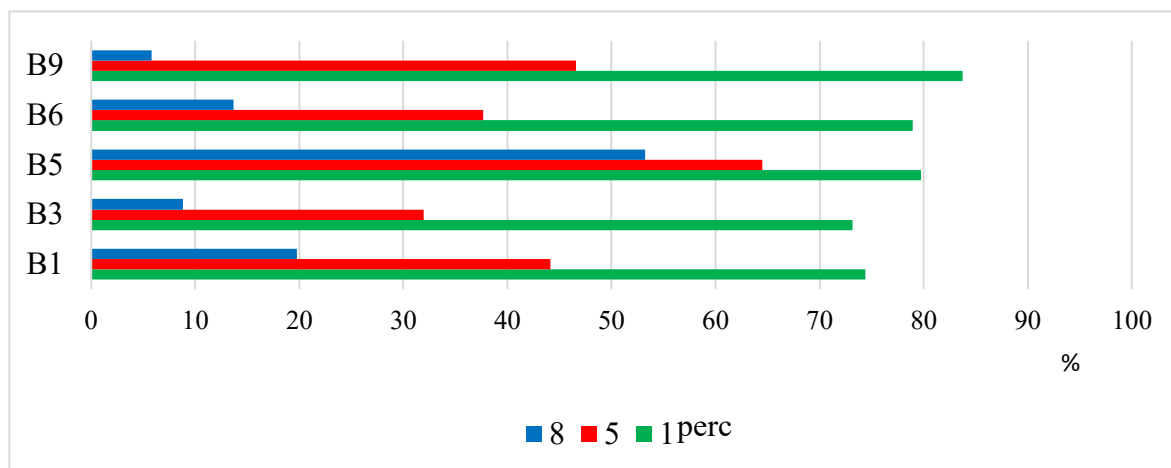
A narancsban található B vitaminok mennyiségi vizsgálatának különböző eredményei születtek. A legnagyobb mennyiségben itt is a B5 vitamin volt jelen, ami $2709 \pm 134,2 \mu\text{g/kg}$ volt. Az átlagos B3 vitamin mennyiségének (2. táblázat) csupán az egy negyedét, azaz $1054,8 \pm 22,05 \mu\text{g/kg}$ -ot tartalmazott az általunk vizsgált narancs. Szinte azonos mennyiségben volt fellelhető a B1 vitamin is, melynek értéke: $989,9 \pm 54,6 \mu\text{g/kg}$. A B6 és B9 alacsony koncentrációban volt jelen a vizsgált narancsban, bár a B6 mennyisége ($295,3 \pm 1,85 \mu\text{g/kg}$) közel kétszerese volt a $162,6 \pm 11,3 \mu\text{g/kg}$ -ú B9 vitaminhoz képest.

❖ Mikrohullámú sütővel történő hevítése után

A mikrohullámú sütőben való kezelés során a narancsból vizsgált B1, B3, B5, B6 és B9 vitaminok mindegyike az 1 perces hevítés során átlagosan 78%-ban voltak jelen a kezdeti koncentrációhoz képest. (18. ábra) Ennél a kezelési időnél a legkevésbé ellenálló vitamin a B3 vitamin volt, de még így is 73,2%-a megmaradt a kontroll vitaminmennyiségnek. A

legmagasabb mennyiséget a B9 vitamin érte el, 83,8%-kal. Az 5 perces hőkezelés hatására a vizsgált vitaminok jelentősen kevesebb százalékban voltak mérhetőek a narancs 1 perces mintájához képest. A B3 és B6 vitamin koncentrációja közel azonos százalékban csökkent, mely 41%-os változás volt. Ennek a két vitaminnak a 8 perces hőkezelés során is nagyon hasonlóan változott a mért mennyisége, a B3 vitaminnak 31,9% a B6 vitaminnak pedig 37,7% volt a legkisebb mérési adata a hőkezelés során a kontroll mintákhoz képest. A legkevésbé hőellenálló vitamin az idő függvényében a B9 vitamin volt, annak ellenére, hogy az 1 perces hevítés alatt ennek a vitaminnak csökkent legkisebb százalékban. Az 1 és 5 perces hőkezelés között a B9 vitamin mennyisége az 1 perces hőkezeléshez képest 37,2%-kal kevesebbet tartalmazott, majd az 5 és 8 perces hevítések között egy már magasabb 40,8%-os esés volt megfigyelhető. A 8 perces mikrohullámú sütővel történő kezelés után mért legkisebb mennyiség a B3 esetén 8,8% valamint a B9 vitamin esetén 5,8% volt. Legkevésbé a B5 vitamin mennyisége csökkent, 64,5%-ra, majd a 8 perces hőkezelés során is csupán 15,2%-kal mértünk kevesebbet. Kijelenthető, hogy az összes vizsgált vitamin közül a B5 vitamin bizonyult a leginkább ellenállónak a mikrohullámú sütővel tartó hőkezelés során, hiszen a leghosszabb, 8 perces kezelés után is az 53,2%-át tudtuk mérni a kezdeti, kontroll koncentrációnak.

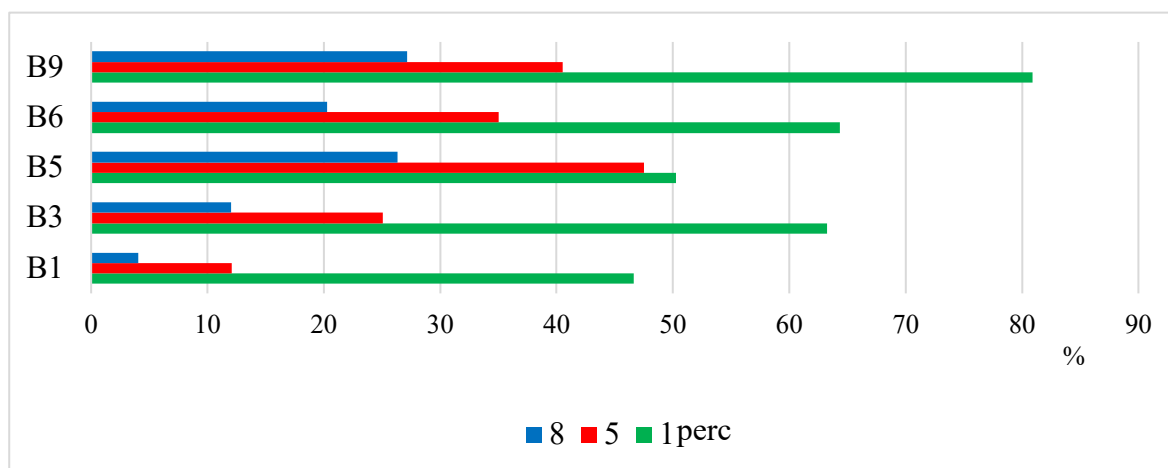
18. ábra: Narancs – mikrohullámmal hevítése



❖ Olajban történő sütés után

Az 1 perces sütés drasztikus csökkenést eredményezett a B1 vitamin mennyiségében. A kontroll mintához képest a vitaminmennyiség már csak 46,7% volt. A B3 és B6 vitamin közel azonos százalékra, azaz 63,3% és 64,3%-ra fogyatkoztak. A B5 vitamin mennyisége is a felére csökkent. Az 1 perces sütést legjobban a B9 vitamin bírta, a 80,9%-a megmaradt a hőkezelt narancsban. Az 5 perces sütés során már csak a B5 és B9 vitamin tudta hoznia 40% feletti értéket. A legkevésbé hőálló vitaminnak a B1 vitamin bizonyult. Az 5 perces kezelés alatt a mennyisége drasztikusan lecsökkent 12,1%-ra majd a 8 perces hőkezelést követően már csak 4,0%-ban volt jelen a mintában a kontrollhoz képest. (19. ábra) A második leginkább hőérzékeny vitamin a vizsgált közegben a B3 vitamin volt, a 8 perces kezelés után már csak 12,0%-a maradt a kezdeti mennyiségnek. A B5 és B9 vitamin mennyisége átlagosan 26,8%-ra esett vissza a 8 perces hőkezelés után. A B6 mennyisége a kezelési idő előrehaladtával csökkent egészen 20,3%-ra, viszont az időintervallumok közötti változás százaléka a várthoz képest nem nőtt. A változás a kezelési idők között százalékban kifejezve a következők: 0 és 1 perc közötti csökkenés 35,7%, 1 és 5 perc között 29,3%, 5 és 8 perc között már csak 14,7% volt. Tehát a B6 vitaminnak a bomlása a sütési idő előrehaladtával egyre lassult.

19. ábra: Narancs - olajban sütése

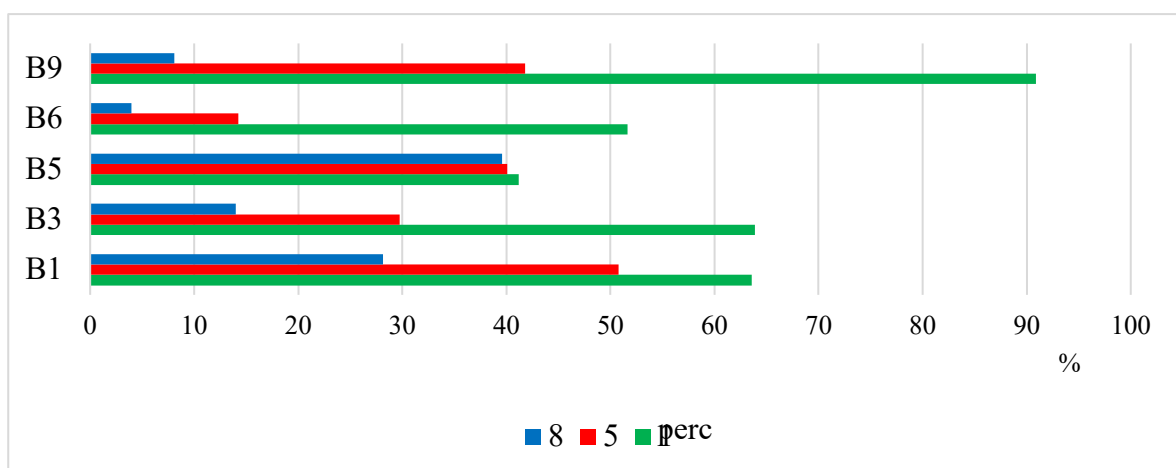


❖ Forró vízben való főzés után

Több mint 60%-ban maradt meg a B1 és B3 vitamin az 1 perces főzési kísérlet után a kontroll mennyiségekhez képest. Ezen vitaminok a további hőkezelést követően már eltérően viselkedtek. A B1 vitamin az idő függvényében hőállónak mondható a többi vitaminhoz képest, hiszen az 5 perces hőkezelés után az 50,8%-a, a 8 perces kezelés után a 28,1%-a maradt vissza a mintában. A B3 vitamin ezzel szemben igen nagy mértékű csökkenésen ment keresztül. Az 5

perces kezelés után a kezdeti mennyiséghez képest 70,3%-kal kevesebbet míg a 8 perces kezelés után már 86%-kal kevesebb mennyiséget mértünk. A B6 vitamin több mint 50%-a megmaradt az 1 perces kezelés után, viszont az 5 perces főzés már egy drasztikus csökkenést eredményezett, 14,3%-ra csökkentette a mennyiségét a kontrollhoz képest. Ennek a vitaminnak volt a legkisebb mennyisége, csupán 4%-a mérhető a 8 perces mintában. A B9 mennyiségének a 90,9%-a megmaradt az 1 perces főzést követően, majd az 5 perces vizsgálat során már csak 41,8%-a, a 8 perces vizsgálat után pedig egy minimális 8%-a volt mérhető a nyers narancs B9 vitaminjához képest. Érdekes eredmény született a B5 vitamin esetében, hiszen a főzési kísérletek után mért mennyisége mindhárom hőkezelést követően 40% közeli érték volt, a kontrollhoz képest. (20. ábra) Ezekből az adatokból következik, hogy a főzési kísérletek során a B5 vitamin mennyiségi változása elsősorban nem az idő függvényében változik vizes közegben.

20. ábra: Narancs - vízben főzése



❖ Víz vizsgálata a főzés után

Vizsgáltuk a narancs főzése után a főzővízben fellelhető B vitaminok mennyiségét is. Elmondható, hogy bár csekély mennyiségben de mindegyik, általunk vizsgált B vitamin fellelhető volt a főzővizek valamelyikében. A legnagyobb mennyiségben a B5 vitamin oldódott át a folyadékfázisba, az 1 perces kezelés után $248,5 \pm 18,2 \mu\text{g/l}$ -t, az 5 perces kezelés után $115,7 \pm 6,0 \mu\text{g/l}$ -t, viszont a 8 perces forralás után már számottevően kevesebb mennyiséget: $29,5 \pm 0,45 \mu\text{g/l}$ -t tudunk csak detektálni a főzővízben. Ezt az eredményt befolyásolhatta az is, hogy a kontroll narancsban szintén a B5 vitamin volt a legmagasabb koncentrációban mérhető. (2. melléklet) A B1 és B3 vitamin mindhárom kísérlet alatt hasonló átoldódási képességekkel rendelkeztek. A B3 vitamin 1 perc után $56,3 \pm 4,0 \mu\text{g/l}$ mennyiségben volt mérhető a

főzővízben, de a 8 perces kezelésre ez már csak $14,8 \pm 0,95 \mu\text{g/l}$ koncentrációra esett. Ennél alig kevesebb koncentrációban sikerült a B1 vitamint mérni, ami $42,3 \pm 0,7 \mu\text{g/l}$ volt. Ez az érték a hőkezelések során tovább csökkent: 5 perc alatt már csak $26,6 \pm 1,5 \mu\text{g/l}$, majd 8 perc alatt $11,1 \pm 0,45 \mu\text{g/l}$ koncentráció oldódott át. Az összes főzővízben detektálható B vitaminok közül a B6 vitamin koncentrációja volt a legalacsonyabb, viszont az átoldódási képessége mindhárom főzés során szinte hasonló maradt. A legnagyobb mennyisége $14,4 \pm 0,6 \mu\text{g/l}$ volt az 1 perces főzés után, majd ez $9,5 \pm 0,45 \mu\text{g/l}$ -re csökkent végül a 8 perc alatt mért koncentrációja a főzővízben már egy minimális koncentráció: $5,8 \pm 0,35 \mu\text{g/l}$ volt a nyers minta $295,3 \pm 1,85 \mu\text{g/l}$ -hez képest. A B9 vitamin sem az 1 perces sem pedig az 5 perces főzés során nem volt mérhető a főzővízben, viszont a 8 perces kezelés után egy $7,2 \pm 0,4 \mu\text{g/l}$ -es mennyiséget mértünk.

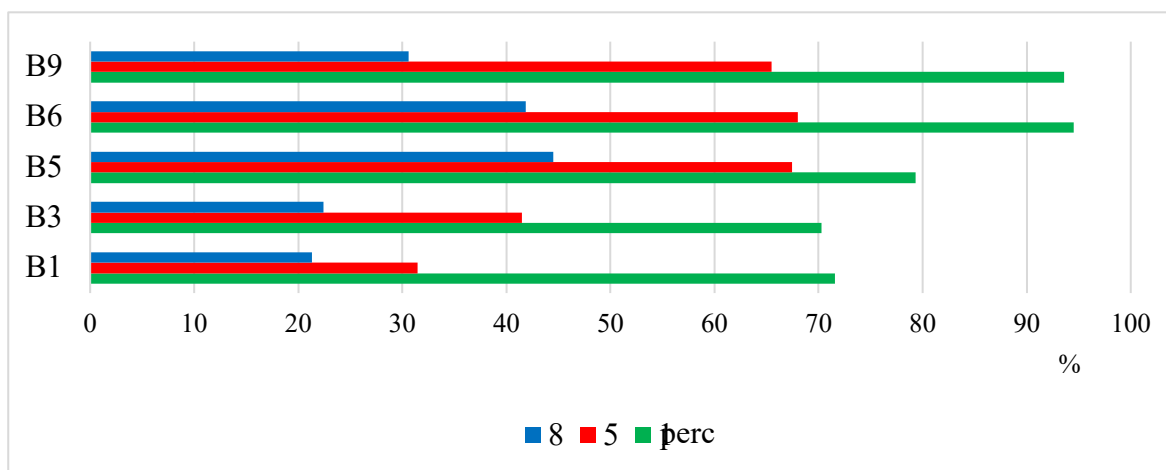
5.2.3 Sárgarépa-val végzett hőkezelési eljárások

❖ Kontrollminták eredményei

A kontroll mintában mért legnagyobb B vitamin koncentráció a B3 vitaminé volt, mely $2476,2 \pm 144,35 \mu\text{g/kg}$, de mégsem érte el az átlagos B3 vitamin mennyiséget mely $14100 \mu\text{g/kg}$ (2. táblázat). Ezt szorosan követte a B5 vitamin koncentrációja, ami $2371,5 \pm 72,05 \mu\text{g/kg}$ volt. Az összes vizsgált minta közül a sárgarépa-ban mértük a legmagasabb B6 mennyiséget, $1066,2 \pm 13,7 \mu\text{g/kg}$ -ot. A B1 vitamin $753,7 \pm 13,25 \mu\text{g/kg}$ mennyisége meghaladta az átlagos sárgarépa-ban található koncentrációt. (2. táblázat) Legkisebb mennyiséget a B9 vitaminnál mértünk, mely $177,3 \pm 6,55 \mu\text{g/kg}$ volt.

❖ Mikrohullámú sütővel történő hevítés után

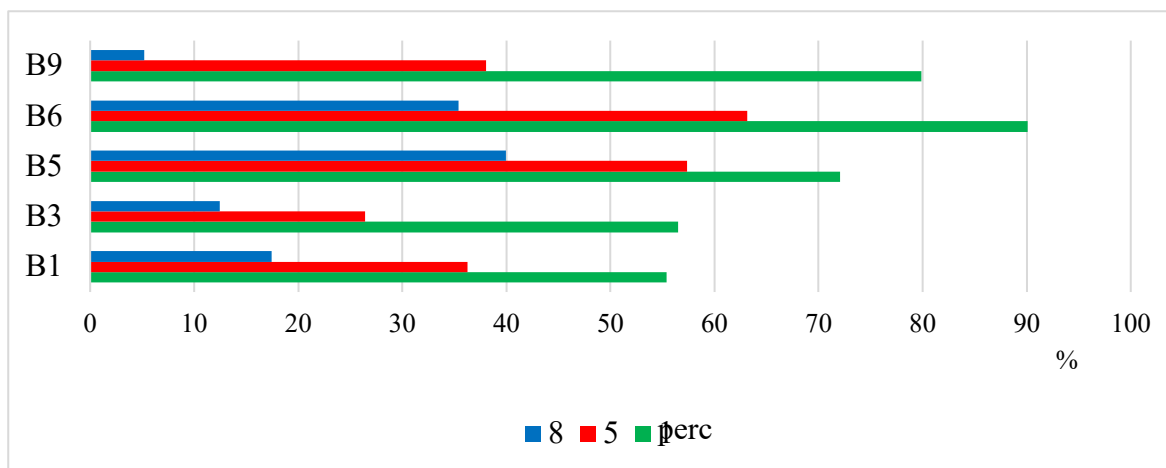
Az 1 perces mikrohullámú sütővel történő hőkezelés eredményeként elmondható, hogy az összes vitamin 70% feletti értékben volt mérhető a kontroll mintában lévő B vitaminokhoz képest. A B6 és B9 vitamin még a 93%-os mennyiséget is meghaladta. A B5, B6, és B9 vitamin átlagosan 67,0%-ra csökkent az 5 perces kezelést követően. (21. ábra) A B1 31,5%-ra a B3 41,5%-ra változott, mely a kontrollmintákban megtalálható B1 és B3 vitaminok kevesebb mint fele. A 8 perces hevítés után ez a két B vitamin százalékos mennyisége, a nyers sárgarépa B vitaminjához viszonyítva igen hasonló volt. A két vitamin 21,3 és 22,4%-ban maradt mérhető mennyiségben jelen, mely a többi vitaminhoz képest kisebb százalék volt, így ezek a vitaminok bizonyultak a legkevésbé hőállóknak az idő függvényében. A B5 és B6 vitamin szintén hasonló eredményekkel rendelkezett mind az 5 mind pedig a 8 perces kezelést követően. Az 5 perces mikrohullámú sütővel való hevítés a B5 vitamin 32,5%-kal, míg a B6 vitamin 32%-kal mutatott kevesebb mennyiséget, mint a kontrollminták értékei. A leginkább hőállóknak a 8 perces kezeléskor mégis a B5 vitamin bizonyult. A B9 93,6%-ban volt mérhető az 1 perces hőkezelés után a kontrollban vizsgált koncentrációhoz képest, majd az 5 perces hőkezelés után ez a mennyiség már csak 65,5% és a 8 percig tartó kezelés után a kontroll mennyiség 30,6%-a volt jelen a vizsgált mintában.



21. ábra: Sárgarépa – mikrohullámmal hevítése

❖ Olajban történő sütés után

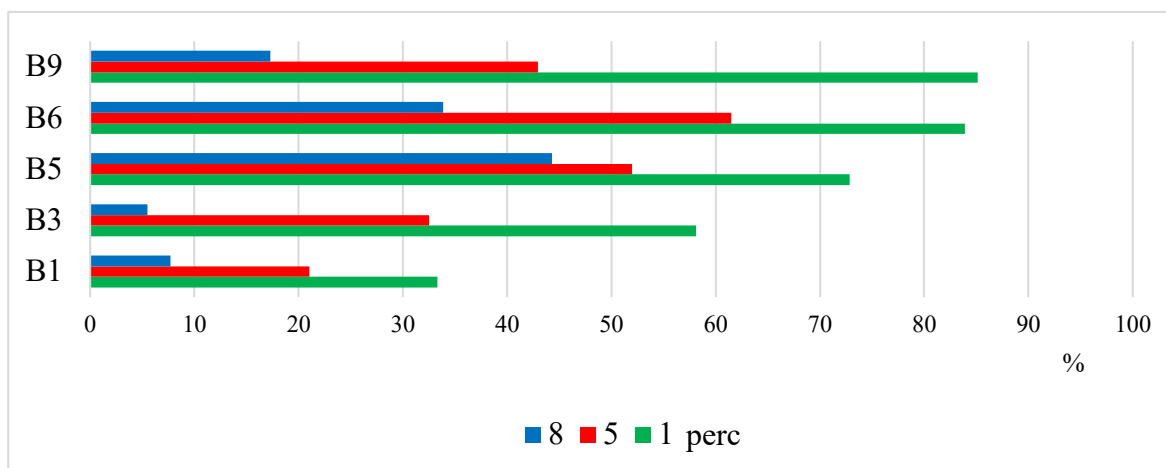
Az 1 perces olajban történő sütés után a B1 és B3 detektálható vitamin mennyisége közel a felére csökkent, míg a B5 vitamin 72,1%-a és a B9 79,9%-a maradt meg az eredeti koncentrációnak. A B6 vitamin tartalma maradt a legnagyobb százalékban, meg az 1 perces sütés során ez: 90,1% volt. Az 5 perces olajban sütés 36,3%-ra csökkentette a B1, 38,1%-ra a B9 vitamin mennyiségét a kontroll mennyiséghez képest. Ezen két vitamin koncentrációja a 8 perces sütést követően is, az előző hőkezelésből mért mennyiségek kevesebb mint a felére csökkentek. A B6 vitamin csökkenése az 5 és 8 perces hőkezelések között egy átlagosan 27% volt, így a 8 perces mintában már csak 35,4%-a volt az eredeti koncentrációnak. Ebben a hőkezelési kísérletben a leginkább ellenálló a B5 vitamin volt, hiszen mindhárom hőkezelés után magas százalékban tartalmazta az eredeti mennyiséget. A sárgarépa-ban az 5 perces sütés után megmaradt a B5 vitamin 57,4%-a, majd a 8 perces vizsgálat után további 40%-át mértük a vitaminnak. (22. ábra) A B9 vitamin bizonyult a legérzékenyebbnek a hőkezelés során. Az első sütés utáni közel 80%-os megmaradt vitaminmennyisége az 5 perces hőkezelésre már csak 38,1% volt, végül a 8 perces sütésre szinte teljesen eltűnt a vizsgált mintából, mennyisége 5,2%-ra csökkent.



22. ábra: Sárgarépa - olajban sütése

❖ Forró vízben való főzés után

A sárgarépa forróvízben való főzése során a B1 vitamin bizonyult a legérzékenyebbnek. Az 1 perces hőkezelés után mért mennyiség csupán a 33,3%-a volt a kontroll mintában mért mennyiségnek. Ez a koncentráció az 5 perces főzés után 21,0%-ra esett, majd a 8. percre már csak 7,7%-a maradt a nyers sárgarépában megtalálható vitaminnak. (23. ábra) A B3 vitamin szintén érzékenynek bizonyult. Megmaradt ugyan az 1 perces hőkezelés után az eredeti koncentráció 58,1%-a, de az 5 percig főzött mintában már csak 32,5%-a, a 8 percig főzött sárgarépában már csak az 5,5%-a maradt. A B5 vitamin 72,9%-a maradt az 1 percig főzött sárgarépában, majd ez az érték a nyers mintában mért koncentrációnak a felére csökkent az 5 perces kezelés alatt. Mégis ez a vitamin bizonyult a leginkább hőállóknak, mivel a 8 perces kezelés után a mintából kinyerhető volt a B5 vitamin 44,3%-a. A B6 vitamin mennyisége az 1 és 5 perces kísérlet alatt 83,9%-ról 61,5%-ra csökkent, de a 8 perces kezelés után még így is sikerült a nyers mintában található B6 vitamin 33,8%-át mérni. Az 1 perces kezelés során a leginkább hőállóknak tűnő vitamin a B9 volt, hiszen a kontroll koncentráció 85,1%-a maradt meg a mintában, viszont az 5 perces főzésre ez már csak 43,0%-ra esett, majd a 8 perces vizsgálat során már csak a vitamin 17,3%-t mértük.



23. ábra: Sárgarépa - vízben főzése

❖ Víz vizsgálata a főzés után

A sárgarépa főzése során vizsgált vízmintákról elmondható, hogy egyik sem tartalmazott mérhető mennyiségű B9 vitamint. Az 1 perces főzés után a főzővízből kinyerhető legnagyobb mennyiség a B3 vitaminé volt $129,2 \pm 3,6 \mu\text{g/l}$, majd ezt követte a B5 vitamin $100,8 \pm 1,6 \mu\text{g/l}$ koncentrációval. Ennek a 2 vitaminnak a mennyisége közel azonos volt az 5 perces kísérlet során. A B3 vitamin $60,2 \pm 0,7 \mu\text{g/l}$ -re míg a B5 $71,8 \pm 3,7 \mu\text{g/l}$ -re csökkent. Az utolsó főzés során viszont a főzővízben fellelhető B3 vitamin mennyisége fele annyi, azaz $15,6 \pm 0,75 \mu\text{g/l}$ volt, mint a B5 vitaminé. Annak ellenére, hogy az 1 perces kezelés során a B3 vitamin volt a legnagyobb mennyiségben mérhető a vízmintában, mégis a B5 vitamin bizonyult a legnagyobb átoldódási képességűnek. A nyers, kontroll sárgarépában megtalálható B1 vitamin koncentrációjának majdnem az 1/10-ét sikerült mérni az 1 perces főzővízben: $81,9 \pm 3,6 \mu\text{g/l}$ -t. Ez a koncentráció felére csökkent az 5 perces vízmintában majd $28,2 \pm 1,75 \mu\text{g/l}$ volt a legkisebb mérhető mennyisége a vízmintában, melyet a 8 perces főzés után vizsgáltunk. Az összes vizsgált vízmintában a legkisebb koncentrációt a B6 vitamin érte el. Mennyisége az 1 és 5 perces minták között $17,3 \pm 0,2 \mu\text{g/l}$ -ről $11,2 \pm 0,7 \mu\text{g/l}$ -re csökkent. A 8 perces főzés után a vízmintában már nagyon minimális, $5,5 \pm 0,35 \mu\text{g/l}$ koncentrációban volt jelen, annak ellenére, hogy a nyers mintában az értéke $1066,2 \pm 13,7 \mu\text{g/l}$, tehát elmondható, hogy a B6 vitamin átoldódási képessége a sárgarépából a főzővízbe minimális mértékű.

6. KÖVETKEZTETÉSEK

A kutatásomban alkalmazott hőkezelési eljárások mindegyikéről elmondható, hogy a vizsgált B vitaminok mennyiségi változására drasztikus hatással voltak. A vizsgált vitaminok változatos eredményei rámutattak arra, hogy a hőkezelések után fogyasztott alma, narancs és sárgarépa lényegesen kevesebb B1, B3, B5, B6 és B9 vitamint tartalmaznak, mint a nyers, hőkezelés nélküli formájuk. Fontos továbbá, hogy a hőkezelés időtartalma bizonyos vitaminoknál szintén elengedhetetlen faktora a vitamin mennyiség változásának.

Az alma esetében a három vizsgált hőkezelés közül a mikrohullámú sütővel való, 1 perces hőkezelés okozta a legkisebb kárt a vitaminokban. Viszont ez alatt a kezelt minták nagy százalékban nyersegek maradtak, tehát a konyhai hőkezelések során a kívánt hatást nem értük el a zöldségekben, gyümölcsökben. A vizsgált B vitaminok mennyiségi változásában hasonló eredmények születtek a mikrohullámú sütőben való hevítés és a vízben való főzés során.

A leghőstabilabbnak ezekben a vizsgálatokban a B5 vitamin bizonyult, hiszen a vizsgált időintervallumok mindegyikében a kontroll koncentráció több mint 50%-a mérhető volt a mintáinkban. Az olajban való sütés bizonyult a legdrasztikusabb hőkezelésnek, hiszen ennél a vizsgálatnál alkalmaztuk a legmagasabb hőfokot. Az itt vizsgált vitaminok kezdeti koncentrációjának 50%-a még mérhető volt, majd az idő előrehaladtával a mennyiségek csökkentek. Ebben a vizsgálatban egyedül a B6 vitamin maradt hőstabil, értékének változása nem volt egyenes arányban az idő függvényével. Mindhárom hőkezelési kísérlet során a leginkább hőlabilis vitaminoknak a B1 és B3 vitaminok bizonyultak. Koncentrációjuk a kezdetihez képest már az 1 perces kezelések után is jelentősen csökkentek, majd a percek növelésével ezek a koncentrációk tovább fogytak.

A narancs esetében a mikrohullámú sütőben való 1 és 5 perces hőkezelés károsította legkevésbé a vizsgált B vitaminokat. Ezzel ellentétben az 1 és 5 percig tartó olajban sütés drasztikusan csökkentette a többi vitamin mennyiségét. A párolás során a narancsban található B vitaminok rosszabb hőellenállással rendelkeztek, mint a mikrohullámú sütőben való hevítésnél. A kezdeti koncentrációjuk már az 1 perces főzés után is jelentősen csökkent. A narancssal végzett hőkezelések során a B1 és B3 vitamin bizonyult a leginkább érzékenynek, ezen vitaminok koncentrációja már az 1 perces vizsgálatok után is egy nagyobb mértékű csökkenést mutatott. Mindhárom hőkezelésnél elmondható, hogy a B5 vitamin koncentrációja csökkent a legkisebb mennyiségben a többi vitaminhoz képest. Erről a vitaminnal elmondható, hogy a narancsban lévő koncentrációját nem a hőkezelési idő, inkább a hőkezelési eljárás befolyásolta. A B9

vitamin kezdeti koncentrációja mindhárom hőkezelés során legalább 80%-ban volt mérhető az 1 percre tartó kísérletekben, bár az 5 és 8 perces vizsgálatok során már egy jelentős csökkenés volt megfigyelhető. Ezért úgy gondolom, a B9 vitamin mennyiségi változását a hőkezelési idő nagymértékben befolyásolja.

A sárgarépa vizsgált vitaminok mindegyikéről elmondható, hogy a mindhárom hőkezelési eljárás során a kontroll vitaminmennyiség legalább 50%-a mérhető volt az 1 perces hőkezelések után. A legkevésbé drasztikus hőkezelés a mikrohullámú sütőben való hevítés volt. Ez az eredmény az olajban való pirításról és a főzésről nem mondható el, viszont a B5 és B6 vitaminok mennyisége ezen vizsgálatok során is kevesebb mint 50%-kal csökkentek, így kijelenthető, hogy a B5 és B6 vitamin volt a leginkább hőálló. A B9 vitamin a hőkezelések első percében 80-90%-ban volt ellenálló, de az idő előrehaladtával ez a százalék jelentősen visszaesett. A B1 és B3 vitamin bizonyult a legkevésbé hőállóknak a sárgarépa vizsgált kísérletek során. Ezek a vitaminok mindegyik hőkezelés során az 5 és 8 perces mintákban minimálisra csökkentek a nyers sárgarépa vizsgált mennyiségéhez képest. A legdrasztikusabb csökkenés a párolás során a B1 vitamin mennyiségében volt megfigyelhető, már az 1 perces hőkezelés után is közel 70%-os csökkenést tapasztaltunk, ez pedig a vizsgálati idő emelkedésével tovább nőtt. A B9 vitamin koncentrációját a hőkezelési kísérletek során legjelentősebb mértékben az idő befolyásolta.

Az alma, narancs és sárgarépa desztillált vízben való főzése során a vizsgált B vitaminok legtöbbike átoldódott a főzővízbe. Fontos megjegyezni, hogy ez a folyamat a B9 vitamin esetén csupán a narancs 8 percre történő főzése során jelentkezett, a többi vizsgálatban egyáltalán nem volt detektálható a B9 koncentrációja. A B vitaminok átoldódási képessége nagyon minimális a gyümölcsökben, zöldségekben mért kezdeti koncentrációhoz képest, ezért az az állítás miszerint a legtöbb B vitamin veszteség a főzővízbe való átoldódás okozza az általam vizsgált kísérletekben nem helytálló.

A vizsgált B vitaminokról a hőkezelési kísérleteket összegezve a következő megállapítások születtek. A B1 és B3 vitamin rendkívül érzékeny a hőkezelési eljárásokra, koncentrációjuk az idő függvényében a többi vizsgált vitaminhoz képest a döntő többségben csökkent. A B5 és B6 vitaminok bizonyultak a leghőellenállóbbnak, viszont nem minden esetben volt egyenesen arányos a koncentráció csökkenésük az idő függvényében. Az 1 perces kísérletekről összességében elmondható, hogy a B9 vitamin hőállóknak bizonyult, majd az 5 és 8 perces kísérletek során a mennyisége drasztikusan redukálódott.

Ezek alapján kijelenthető, hogy az általam vizsgált vitaminok mindegyike hőérzékenynek bizonyult azokon a hőmérsékleteken melyeken a kísérletek folytak, valamint a főzővízbe való átoldódásuk mértéke nem befolyásolja drasztikusan a vitaminok csökkenését.

A vizsgált kontroll alma, narancs és sárgarépa B vitamin mennyisége a napi ajánlott B vitamin mennyiséghez képest jelentős eltéréseket mutatott (1. táblázat), és a hőkezelések után mindegyik vitaminra egyaránt kijelenthető, hogy ezek az értékek drasztikus méretekben csökkentek, ezért, ha kizárólag ezeket a hőkezelt zöldségeket, gyümölcsöket fogyasztanánk, rendkívül nagy mennyiségben kéne felvinnünk, hogy fedezzük a napi B1, B3, B5, B6 és B9 vitamin szükségleteinket. Ezt az állítást alátámasztja az, hogy a B vitaminok mennyiségének fedezésére a változatos étrend során felvételre kerülő egyéb magas B vitamin koncentrációjú élelmiszerek fogyasztása szükséges.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Az élelmiszerek hőkezelése kiemelt fontosságú a mikrobiológiai biztonság és az eltarthatóság biztosítása érdekében. Ugyanakkor a hőkezelés az élelmiszerek bizonyos, a fogyasztó számára hasznos komponenseit is károsíthatja, megváltoztatva ezzel a fogyasztandó anyag táplálkozási értékét. A vitaminok szerepét az emberi és állati szervezet megfelelő működésében jó évszázada nagyon sokan és nagyon sok oldalról tanulmányozták. Ez irányú ismereteink széleskörűek, és folyamatosan bővülnek. Általánosan bizonyított tény, hogy a vitaminok felvétele kis mennyiségben szükséges, vitaminszegény étrend esetén számtalan hiánybetegség alakulhat ki, melyek a jelentkező tünetek alapján lehetnek specifikusak és aspecifikusak is. Bár a vitaminok hőstabilitását már sokszor vizsgálták, a teljes kép felrajzolásától még távol állunk, mind a vitaminok kémiai milyensége, mind a választott élelmiszer-alapanyag, mind az ételkészítési technológia függvényében.

Kutatásom során B vitaminok hőstabilitását vizsgáltam alma, narancs és sárgarépában, három különböző konyhai körülmény között. A kísérletekben részt vevő gyümölcsöket, valamint a hőkezelési eljárásokat az általam készített kérdőív kiértékelésének eredményeiből állítottam össze. Így esett a választás az almára, narancsra és sárgarépára, melyek a legtöbb háztartásban megtalálhatók. A hőkezelési kísérletek 1, 5, és 8 percig tartottak, forrásban levő vízben, mikrohullámú sütőben 700 W-on, valamint ~180 °C-os forró olajban. A zöldség- és gyümölcsminták, valamint a visszamaradó főzővíz B vitamin tartalmát LC-MS/MS módszerrel mértük.

A várakozásoknak megfelelően a hőkezelési kísérletek változatos képet rajzoltak fel a vizsgált vegyületek hőstabilitásáról. Bár a betűjelük alapján vitaminként egy csoportba soroljuk a vizsgált anyagokat, kémiaiag nagyon is eltérő tulajdonságokkal rendelkeznek a molekulatömegtől a polaritásig. Mindegyik vizsgált vitamin mutatott hőbomlást, és mindegyik vitamin hőstabilitása szignifikánsan különbözött a három elkészítési mód esetében. Az eredményeink alapján nem lehet rámutatni egyik technológiára sem, mint a vitamin-tartalom megőrzése szempontjából optimális eljárás; legfeljebb azt lehet körvonalazni, hogy a vizsgált vitaminok szempontjából mely eljárások lesznek a legkevésbé károsak a lehető legtöbb anyag esetében.

8. MELLÉKLETEK

1. melléklet: B vitaminok egyéb fontos tulajdonságai

Forrás: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov>

Csoport	vízben oldódó	vízben oldódó	vízben oldódó	vízben oldódó	vízben oldódó
Hétköznapi név	B1 vitamin	B3 vitamin amid	B5 vitamin	B6 vitamin	B9 vitamin
Kémiai név	tiamin (hidroklorid)	nikotinamid / niacinamid	(D-) pantoténsav	piridoxin	folsav
Angol név	thiamine hydrochloride	nicotinamide / niacinamide	(D-) pantothenic acid	pyridoxine	folic acid
Rövidítés	B1VIT	NAM	B5VIT	B6VIT	B9VIT
CAS	67-03-8	98-92-0	79-83-4	65-23-6	59-30-3
Összegképlet	C ₁₂ H ₁₈ C ₁₂ N ₄ OS	C ₆ H ₆ N ₂ O	C ₉ H ₁₇ NO ₅	C ₈ H ₁₁ NO ₃	C ₁₉ H ₁₉ N ₇ O ₆
Mt (g/mol)	336,0578378	122,0480128	219,1106726	169,0738932	441,1396814
Oldhatóság (mg/l) (20 °C, vagy jelölve, ha ettől eltérő)					
víz	500 000	50 000,00	1 000 000,00	220 000,00	1,6*
log P	-3,1**	-0,37	-1,1 / -1,69	-0,77	-1,1 / -2,5 / -2,81
p Ka	4,9	3,35			3,5 / 4,3

*25 °C

** Forrás: <https://go.drugbank.com/salts/DBSALT000205>

2. melléklet: Eredmények és a hozzájuk tartozó szórás

n.q. = Non qualifiable / Nem mérhető mennyiség

		B1	B3	B5	B6	B9		B1	B3	B5	B6	B9
		átlag	átlag	átlag	átlag	átlag		szórás	szórás	szórás	szórás	szórás
Alma kontroll minta (nyers) - vizes extrakció												
	M/K A	220,0	887,1	2 729,5	55,2	26,0		50	28,7	1 778	5,2	3,6
Alma mikrohullámmal 700 W-on hevítés 1 percig - vizes extrakció	A/M/1 A	119,9	644,2	2 333,0	46,5	22,7		6,3	26,9	306,9	0,6	1,0
Alma mikrohullámmal 700 W-on hevítés 5 percig - vizes extrakció	A/M/5 A	72,8	422,7	2 079,2	28,2	17,0		7,6	37,7	27,5	4,2	2,2
Alma mikrohullámmal 700 W-on hevítés 8 percig - vizes extrakció	A/M/8 A	35,5	129,6	1 799,7	21,7	7,1		2,5	15,3	110,4	1,5	0,6
Alma forró olajban sűtés 1 perc - vizes extrakció	A/O/1 A	98,2	443,3	2 673,4	43,4	22,0		2,6	41,7	47,1	1,4	1,6
Alma forró olajban sűtés 5 perc - vizes extrakció	A/O/5 A	69,5	259,4	1 556,6	38,5	12,7		3,4	22,7	41,0	2,3	1,0
Alma forró olajban sűtés 8 perc - vizes extrakció	A/O/8 A	29,0	168,9	736,5	32,6	5,9		2,8	12,6	58,6	4,3	0,3
Alma forró vízben párolás 1 percig - vizes extrakció	A/V/1 A	97,7	501,9	1 824,4	36,4	20,8		4,0	21,3	240,3	2,7	1,7
Alma forró vízben párolás 5 percig - vizes extrakció	A/V/5 A	56,9	449,6	1 649,7	21,0	13,4		3,7	30,2	57,4	2,3	1,3
Alma forró vízben párolás 8 percig - vizes extrakció	A/V/8 A	34,6	230,2	1 478,7	13,2	8,6		0,8	4,3	23,4	0,9	0,4
Alma forró vízben párolás 1 percig vízszintű	A/V/M/1 A	18,3	42,5	119,4	3,1	n.q.		2,0	4,0	16,4	0,2	...
Alma forró vízben párolás 5 percig vízszintű	A/V/M/5 A	15,7	21,1	86,1	2,2	n.q.		1,8	1,8	11,9	0,2	...
Alma forró vízben párolás 8 percig vízszintű	A/V/M/8 A	12,6	3,9	46,7	1,8	n.q.		0,8	0,5	6,7	0,2	...
Narancs kontroll minta (nyers) - vizes extrakció												
	N/K A	989,9	1 054,8	2 709,3	295,3	162,6		109,2	44,1	268,4	3,7	22,6
Narancs mikrohullámmal 700 W-on hevítés 1 percig - vizes extrakció	N/M/1 A	736,5	771,7	2 159,8	233,1	136,1		100,5	54,5	284,2	8,2	10,4
Narancs mikrohullámmal 700 W-on hevítés 5 percig - vizes extrakció	N/M/5 A	436,6	336,7	1 747,7	111,3	75,8		32,3	10,9	188,5	6,0	9,6
Narancs mikrohullámmal 700 W-on hevítés 8 percig - vizes extrakció	N/M/8 A	195,5	93,3	1 442,3	40,5	9,4		15,1	12,9	81,2	1,7	1,4
Narancs forró olajban sűtés 1 perc - vizes extrakció	N/O/1 A	461,8	667,3	1 361,5	190,0	131,5		37,2	74,5	101,3	23,5	18,7
Narancs forró olajban sűtés 5 perc - vizes extrakció	N/O/5 A	119,6	264,3	1 287,0	103,3	65,9		8,3	38,6	118,1	5,1	5,7
Narancs forró olajban sűtés 8 perc - vizes extrakció	N/O/8 A	40,0	127,1	713,8	59,9	44,2		1,8	6,3	84,2	2,6	6,5
Narancs forró vízben párolás 1 percig - vizes extrakció	N/V/1 A	629,5	673,8	1 115,3	152,5	147,7		25,2	63,9	70,4	17,9	13,3
Narancs forró vízben párolás 5 percig - vizes extrakció	N/V/5 A	502,8	313,7	1 086,6	42,1	68,0		75,2	34,3	74,7	1,9	9,4
Narancs forró vízben párolás 8 percig - vizes extrakció	N/V/8 A	278,5	147,7	1 072,6	11,7	13,1		6,2	12,6	45,4	0,4	0,9
Narancs forró vízben párolás 1 percig vízszintű	N/V/M/1 A	42,3	56,3	248,5	14,5	n.q.		1,4	8,0	36,4	1,2	...
Narancs forró vízben párolás 5 percig vízszintű	N/V/M/5 A	26,6	31,8	115,7	9,5	n.q.		3,0	1,9	12,0	0,9	...
Narancs forró vízben párolás 8 percig vízszintű	N/V/M/8 A	11,1	14,8	29,5	3,8	7,2		0,9	0,9	0,7	0,7	0,8
Sárgarépa kontroll minta (nyers) - vizes extrakció												
	S/K A	753,7	2 476,2	2 371,5	1 066,2	177,3		265	288,7	1 441	27,4	13,1
Sárgarépa mikrohullámmal 700 W-on hevítés 1 percig - vizes extrakció	S/M/1 A	539,7	1 740,5	1 881,3	1 007,7	166,0		48,2	248,1	1 049	26,3	18,9
Sárgarépa mikrohullámmal 700 W-on hevítés 5 percig - vizes extrakció	S/M/5 A	237,4	1 027,3	1 509,9	724,8	116,1		6,4	118,8	34,8	21,8	14,9
Sárgarépa mikrohullámmal 700 W-on hevítés 8 percig - vizes extrakció	S/M/8 A	160,6	554,6	1 055,2	446,4	54,3		9,7	65,6	44,5	10,7	7,9
Sárgarépa forró olajban sűtés 1 perc - vizes extrakció	S/O/1 A	417,6	1 399,6	1 709,7	960,7	141,6		6,0	13,5	28,0	13,6	12,6
Sárgarépa forró olajban sűtés 5 perc - vizes extrakció	S/O/5 A	273,5	654,3	1 360,7	673,3	67,5		6,6	35,4	57,1	37,7	4,6
Sárgarépa forró olajban sűtés 8 perc - vizes extrakció	S/O/8 A	131,6	308,2	947,6	377,3	9,2		4,0	33,8	25,9	11,0	1,1
Sárgarépa forró vízben párolás 1 percig - vizes extrakció	S/V/1 A	250,8	1 439,7	1 728,0	894,6	151,0		17,8	68,2	89,2	72,3	20,7
Sárgarépa forró vízben párolás 5 percig - vizes extrakció	S/V/5 A	158,5	804,9	1 232,1	655,3	76,2		12,1	55,1	56,5	28,7	11,1
Sárgarépa forró vízben párolás 8 percig - vizes extrakció	S/V/8 A	57,9	136,5	1 050,1	360,8	30,6		4,8	16,3	111,9	3,9	4,3
Sárgarépa forró vízben párolás 1 percig vízszintű	S/V/M/1 A	81,9	129,2	100,8	17,3	n.q.		7,2	7,2	3,2	0,4	...
Sárgarépa forró vízben párolás 5 percig vízszintű	S/V/M/5 A	40,0	60,2	71,8	11,2	n.q.		2,8	1,4	7,4	1,4	...
Sárgarépa forró vízben párolás 8 percig vízszintű	S/V/M/8 A	28,2	15,6	31,4	5,5	n.q.		3,5	1,5	4,2	0,7	...

3. melléklet: Az eredmények százalékos kiértékelése

		B1	B3	B5	B6	B9
		%	%	%	%	%
Alma kontroll minta (nyers) - vizes extrakció	A/K A	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Alma mikrohullámmal 700 W-on hevítés 1 percig - vizes extrakció	A/M/1 A	54,5	72,6	85,5	84,4	87,3
Alma mikrohullámmal 700 W-on hevítés 5 percig - vizes extrakció	A/M/5 A	33,1	47,7	76,2	51,1	65,5
Alma mikrohullámmal 700 W-on hevítés 8 percig - vizes extrakció	A/M/8 A	16,1	14,6	65,9	39,3	27,2
Alma forró olajban sítés 1 perc - vizes extrakció	A/O/1 A	44,6	50,0	97,9	78,6	84,6
Alma forró olajban sítés 5 perc - vizes extrakció	A/O/5 A	31,6	29,2	57,0	69,8	48,7
Alma forró olajban sítés 8 perc - vizes extrakció	A/O/8 A	13,2	19,0	27,0	59,0	22,5
Alma forró vízben párolás 1 percig - vizes extrakció	A/V/1 A	44,4	56,6	66,8	66,0	79,8
Alma forró vízben párolás 5 percig - vizes extrakció	A/V/5 A	25,9	50,7	60,4	38,1	51,5
Alma forró vízben párolás 8 percig - vizes extrakció	A/V/8 A	15,7	26,0	54,2	23,9	32,9
Narancs kontroll minta (nyers) - vizes extrakció	N/K A	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Narancs mikrohullámmal 700 W-on hevítés 1 percig - vizes extrakció	N/M/1 A	74,4	73,2	79,7	78,9	83,8
Narancs mikrohullámmal 700 W-on hevítés 5 percig - vizes extrakció	N/M/5 A	44,1	31,9	64,5	37,7	46,6
Narancs mikrohullámmal 700 W-on hevítés 8 percig - vizes extrakció	N/M/8 A	19,8	8,8	53,2	13,7	5,8
Narancs forró olajban sítés 1 perc - vizes extrakció	N/O/1 A	46,7	63,3	50,3	64,3	80,9
Narancs forró olajban sítés 5 perc - vizes extrakció	N/O/5 A	12,1	25,1	47,5	35,0	40,5
Narancs forró olajban sítés 8 perc - vizes extrakció	N/O/8 A	4,0	12,0	26,3	20,3	27,2
Narancs forró vízben párolás 1 percig - vizes extrakció	N/V/1 A	63,6	63,9	41,2	51,6	90,9
Narancs forró vízben párolás 5 percig - vizes extrakció	N/V/5 A	50,8	29,7	40,1	14,3	41,8
Narancs forró vízben párolás 8 percig - vizes extrakció	N/V/8 A	28,1	14,0	39,6	4,0	8,1
Sárgarépa kontroll minta (nyers) - vizes extrakció	S/K A	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Sárgarépa mikrohullámmal 700 W-on hevítés 1 percig - vizes extrakció	S/M/1 A	71,6	70,3	79,3	94,5	93,6
Sárgarépa mikrohullámmal 700 W-on hevítés 5 percig - vizes extrakció	S/M/5 A	31,5	41,5	67,5	68,0	65,5
Sárgarépa mikrohullámmal 700 W-on hevítés 8 percig - vizes extrakció	S/M/8 A	21,3	22,4	44,5	41,9	30,6
Sárgarépa forró olajban sítés 1 perc - vizes extrakció	S/O/1 A	55,4	56,5	72,1	90,1	79,9
Sárgarépa forró olajban sítés 5 perc - vizes extrakció	S/O/5 A	36,3	26,4	57,4	63,2	38,1
Sárgarépa forró olajban sítés 8 perc - vizes extrakció	S/O/8 A	17,5	12,4	40,0	35,4	5,2
Sárgarépa forró vízben párolás 1 percig - vizes extrakció	S/V/1 A	33,3	58,1	72,9	83,9	85,1
Sárgarépa forró vízben párolás 5 percig - vizes extrakció	S/V/5 A	21,0	32,5	52,0	61,5	43,0
Sárgarépa forró vízben párolás 8 percig - vizes extrakció	S/V/8 A	7,7	5,5	44,3	33,8	17,3

9. IRODALOMJEGYZÉK

1. Office of Disease Prevention and Health Promotion Nutritional goals for each age/sex group used in assessing adequacy of USDA Food Patterns at various calorie levels
2. Streit L (2021) *The Complete Guide to Natural Vitamins: From food and supplements*. Bright Press
3. PubChem vitamine B1. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/135418510>. Accessed 6 Oct 2022
4. Kerns JC, Gutierrez JL (2017) Thiamin. *Adv Nutr* 8:395–397. <https://doi.org/10.3945/an.116.013979>
5. Dr. Veresegyházi Tamás (2002) *A vitaminok biokémiája*, 2002nd ed. Szent István Egyetem Állatorvostudományi Kar Élettani és Biokémiai Tanszék, Budapest
6. Maiese K (2020) New Insights for Nicotinamide: Metabolic Disease, Autophagy, and mTOR. *Front Biosci (Landmark Ed)* 25:1925–1973
7. PubChem Nicotinamide. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/936>. Accessed 6 Oct 2022
8. Alain Tissier (1994) *Egészségünk és a vitaminok*. Top Trading Hungary Kft.
9. PubChem Pantothenic acid. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6613>. Accessed 6 Oct 2022
10. PubChem Pyridoxine. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1054>. Accessed 6 Oct 2022
11. PubChem Folic acid. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/135398658>. Accessed 6 Oct 2022
12. Ardestani SB, Sahari MA, Barzegar M Effect of Extraction and Processing Conditions on the Water- Soluble Vitamins of Barberry Fruits. 16
13. Rickman JC, Barrett DM, Bruhn CM (2007) Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part 1. Vitamins C and B and phenolic compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87:930–944. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2825>
14. Salvia-Trujillo L, Peña MM la, Rojas-Graü A, Martín-Belloso O (2011) Changes in Water-Soluble Vitamins and Antioxidant Capacity of Fruit Juice–Milk Beverages As Affected by High-Intensity Pulsed Electric Fields (HIPEF) or Heat during Chilled Storage. In: ACS Publications. <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf2011497>. Accessed 3 Oct 2022
15. Kondjoyan A, Portanguen S, Duchène C, Mirade PS, Gandemer G (2018) Predicting the loss of vitamins B3 (niacin) and B6 (pyridoxamine) in beef during cooking. *Journal of Food Engineering* 238:44–53. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.06.008>
16. Lešková E, Kubíková J, Kováčiková E, Košická M, Porubská J, Holčíková K (2006) Vitamin losses: Retention during heat treatment and continual changes expressed by mathematical models. *Journal of Food Composition and Analysis* 19:252–276. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.04.014>
17. Verma LR (2000) *Postharvest Technology of Fruits and Vegetables: General concepts and principles*. Indus Publishing
18. Jiratanan T, Liu RH (2004) Antioxidant activity of processed table beets (*Beta vulgaris* var, *conditiva*) and green beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J Agric Food Chem* 52:2659–2670. <https://doi.org/10.1021/jf034861d>
19. Kumar S, Aalbersberg B (2006) Nutrient retention in foods after earth-oven cooking compared to other forms of domestic cooking; Results of this work are printed as a technical

report with limited distribution by the Institute of Applied Sciences at The University of the South Pacific, Suva, Fiji (Kumar et al., 2001).: 1. Proximates, carbohydrates and dietary fibre. *Journal of Food Composition and Analysis* 19:302–310.
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2005.06.006>

10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni témavezetőmnek Dr. Lányi Katalinnak a rengeteg segítséget, szakmai tanácsot és türelmet, amit a szakdolgozatom készítése közben nyújtott.

Köszönöm Lucsányi Georjinának és Nagy Emesének a laboratóriumi vizsgálatok során nyújtott áldozatos munkájukat.

Továbbá szeretnék köszönetet mondani az Élelmiszer-higiéniai Tanszék munkatársainak, hogy lehetőséget nyújtottak a laboratóriumi kutatómunka elvégzésére.

HuVetA

ELHELYEZÉSI MEGÁLLAPODÁS ÉS SZERZŐI JOGI NYILATKOZAT*

Név: ANGI BORBALA IRINGÓ
Elérhetőség (e-mail cím): borbalus@gmail.com
A feltöltendő mű címe: A ELELMISZEREK HŐKEZELESENEK HATÁSA A
B VITAMIN TARTALOMRA
A mű megjelenési adatai: 2022.11.16
Az átadott fájlok száma: 1

Jelen megállapodás elfogadásával a szerző, illetve a szerzői jogok tulajdonosa nem kizárólagos jogot biztosít a HuVetA számára, hogy archiválja (a tartalom megváltoztatása nélkül, a megőrzés és a hozzáférhetőség biztosításának érdekében) és másolásvédett PDF formára konvertálja és szolgáltatassa a fenti dokumentumot (beleértve annak kivonatát is).

Beleegyezik, hogy a HuVetA egynél több (csak a HuVetA adminisztrátorai számára hozzáférhető) másolatot tároljon az Ön által átadott dokumentumból kizárólag biztonsági, visszaállítási és megőrzési célból.

Kijelenti, hogy az átadott dokumentum az Ön műve, és/vagy jogosult biztosítani a megállapodásban foglalt rendelkezéseket arra vonatkozóan. Kijelenti továbbá, hogy a mű eredeti és legjobb tudomása szerint nem sérti vele senki más szerzői jogát. Amennyiben a mű tartalmaz olyan anyagot, melyre nézve nem Ön birtokolja a szerzői jogokat, fel kell tüntetnie, hogy korlátlan engedélyt kapott a szerzői jog tulajdonosától arra, hogy engedélyezhesse a jelen megállapodásban szereplő jogokat, és a harmadik személy által birtokolt anyagrész mellett egyértelműen fel van tüntetve az eredeti szerző neve a művön belül.

A szerzői jogok tulajdonosa a hozzáférés körét az alábbiakban határozza meg (egyetlen, a megfelelő négyzetben elhelyezett x jellel):

- engedélyezi, hogy a HuVetA-ban -ban tárolt művek korlátlanul hozzáférhetővé váljanak a világhálón,
- az Állatorvostudományi Egyetem belső hálózatára (IP címeire) korlátozza a feltöltött dokumentum(ok) elérését,
- a Könyvtárban található, dedikált elérést biztosító számítógépre korlátozza a feltöltött dokumentum(ok) elérését,
- csak a dokumentum bibliográfiai adatainak és tartalmi kivonatának feltöltéséhez járul hozzá (korlátlan hozzáféréssel),

Kérjük, nyilatkozzon a négyzetben elhelyezett jellel a helyben használatról is:



Engedélyezem a dokumentum(ok) nyomtatott változatának helyben olvasását a könyvtárban.

Amennyiben a feltöltés alapját olyan mű képezi, melyet valamely cég vagy szervezet támogatott illetve szponzorált, kijelenti, hogy jogosult egyetérteni jelen megállapodással a műre vonatkozóan.

A HuVetA üzemeltetői a szerző, illetve a jogokat gyakorló személyek és szervezetek irányában nem vállalnak semmilyen felelősséget annak jogi orvoslására, ha valamely felhasználó a HuVetA-ban engedéllyel elhelyezett anyaggal törvénysértő módon visszaélné.

Budapest, 2022. év¹¹.....hó¹⁶.....nap



aláírás
szerző/a szerzői jog tulajdonosa

A HuVetAMagyar Állatorvos-tudományi Archívum – Hungarian Veterinary Archive az Állatorvostudományi Egyetem Hűtőra Ferenc Könyvtár, Levéltár és Múzeum által működtetett egyetemi és szakterületi online adattár, melynek célja, hogy a magyar állatorvos-tudomány és -történet dokumentumait, tudásvagyonát elektronikus formában összegyűjtse, rendszerezze, megőrizze, kereshetővé és hozzáférhetővé tegye, szolgáltatassa, a hatályos jogi szabályozások figyelembe vételével.

A HuVetA a korszerű informatikai lehetőségek felhasználásával biztosítja a könnyű, (internetes keresőgépekkel is működő) kereshetőséget és lehetőség szerint a teljes szöveg azonnali elérését. Célja ezek révén

- *a magyar állatorvos-tudomány hazai és nemzetközi ismertségének növelése;*
- *a magyar állatorvosok publikációira történő hivatkozások számának, és ezen keresztül a hazai állatorvosi folyóiratok impakt faktorának növelése;*
- *az Állatorvostudományi Egyetem és az együttműködő partnerek tudásvagyonának koncentrált megjelenítése révén az intézmények és a hazai állatorvos-tudomány tekintélyének és versenyképességének növelése;*
- *a szakmai kapcsolatok és együttműködés elősegítése,*
- *a nyílt hozzáférés támogatása.*

Konzulensi ellenjegyzés

Alulírott Dr. Lányi Katalin tudományos főmunkatárs Igazolom, hogy

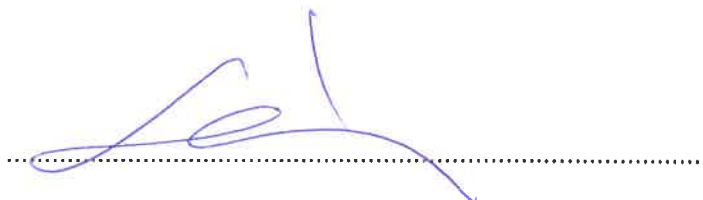
..... Angi Borbála Iringó (a hallgató neve)

..... Az élelmiszerek hőkezelésének hatása a B vitamin tartalomra

..... című

diplomamunkáját ismerem, azt beadásra és védésre alkalmasnak tartom.

Budapest, 2020~~0~~2. november 16.



Alíírás

Élelmiszer-higiéniai

Tanszék